



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV GEODÉZIE

INSTITUTE OF GEODESY

**PŘEPRACOVÁNÍ DOKUMENTACE STAVBY
DO MODELU PRO BIM**

REDESIGN OF CONSTRUCTION DOCUMENTATION INTO BIM MODEL

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Mojmír Pejchal

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. JIŘÍ BUREŠ, Ph.D.

BRNO 2021



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3646 Geodézie a kartografie
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3646R003 Geodézie a kartografie (N)
Pracoviště	Ústav geodézie

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Mojmír Pejchal
Název	Přepřepřování dokumentace stavby do modelu pro BIM
Vedoucí práce	doc. Ing. Jiří Bureš, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2020
Datum odevzdání	28. 5. 2021

V Brně dne 30. 11. 2020

doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

- [1] ŠTRONER, M., POSPÍŠIL, J., KOSKA, B., KŘEMEN, T., URBAN, R., SMÍTKA, V., TRÁSÁK, P.: 3D skenovací systémy. ČVUT v Praze, 2013, ISBN 978-80-01-05371-3
- [2] SLEZIÁK, T., VELAS, M.: Zkušenosti s pořizováním a vyhodnocením dat 3D dokumentace stavebních objektů. Článek ve sborníku ze semináře Geodézie ve stavebnictví a průmyslu 2020, Český svaz geodetů a kartografů, 2020, str. 70-74.
- [3] ČERNÝ, M.: Geodézie a geoinformace v informačním modelování staveb (BIM). Článek ve sborníku ze semináře Geodézie ve stavebnictví a průmyslu 2017, Český svaz geodetů a kartografů, 2017, str. 7-17.
- [4] <https://www.fig.net/fig2018/bim.htm>
- [5] Dokumentace programového systému REVIT.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Na podkladě původní projektové dokumentace vypracujte digitální model budovy. Zaměřte se na využití modelu pro správu a údržbu objektu po celou dobu jeho životnosti. V případě potřeby proveďte v terénu účelové geodetické doměření a kontrolu přesnosti modelu. Z modelu vyhotovte základní výkresovou dokumentaci - půdorysy a řezy. Navrhnete a zapracujete do modelu archiv původní projektové dokumentace a implementujete vybrané užitečné BIM funkce.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

doc. Ing. Jiří Bureš, Ph.D.

Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Motivem diplomové práce je přepracování původní projektové dokumentace bytového domu do informačního modelu pro správu a údržbu. První část se věnuje modelování budovy podle původní výkresové dokumentace v prostředí aplikace Autodesk Revit. Druhá část se zabývá výstupy z informačního modelu a jeho využití při správě budovy. Součástí je také zhodnocení efektivnosti přepracování ve vztahu k detailnosti modelu a jeho vazby na původní výkresovou dokumentaci.

KLÍČOVÁ SLOVA

BIM, projektová dokumentace, správa budovy, Revit, informační modelování

ABSTRACT

The motive of the diploma thesis is the redesign of the original project documentation of an block of flats into an information model for administration and maintenance. The first part deals with modeling the building according to the drawing part of the documentation in the Autodesk Revit 2021. The second is about the outputs of the information model and its use in building management. It also includes an evaluation of the effectiveness of redesign in relation to the detail of the model and its link to the original drawing documentation.

KEYWORDS

BIM, building project documentation, building management, Revit, information modeling

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Mojmír Pejchal *Přepracování dokumentace stavby do modelu pro BIM*. Brno, 2021.
52 s., 15 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební,
Ústav geodézie. Vedoucí práce doc. Ing. Jiří Bureš, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Přepracování dokumentace stavby do modelu pro BIM* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 23. 3. 2021

Bc. Mojmír Pejchal

autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Přepracování dokumentace stavby do modelu pro BIM* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 23. 3. 2021

Bc. Mojmír Pejchal

autor práce

Poděkování

Děkuji vedoucímu práce doc. Ing. Jiřímu Burešovi, Ph.D. za aktivní přístup při konzultacích ohledně závěrečné práce a zprostředkování odborné konzultace k danému tématu. Dále děkuji své rodině za podporu v celém průběhu vysokoškolského studia.

V Brně dne: 27.5.2021

Obsah

ÚVOD	9
1. PŘEHLED O SOUČASNÉM STAVU PROBLEMATIKY INFORMAČNÍHO MODELOVÁNÍ.....	10
1.1 ZAVÁDĚNÍ BIM V ČESKÉ REPUBLICE	11
1.2 3D MODELOVÁNÍ PŘI PROJEKTOVÁNÍ A PASPORTIZACI OBJEKTŮ	11
1.3 POŽADAVKY NA OBSAH A PODROBNOST MODELU	12
1.4 SDÍLENÍ OBSAHU INFORMAČNÍHO MODELU	15
1.4.1 Výchozí formát Revit (.rvt)	15
1.4.2 Mezinárodní formát IFC	16
1.4.3 Výměna informací pomocí COBie	16
1.5 METODY ZÍSKÁVÁNÍ DAT	17
1.5.1 Klasické geodetické metody	18
1.5.2 Laserové skenování	18
1.5.3 Fotogrammetrie	19
1.5.4 Data potřebná k modelování	19
2. PŘEPRACOVÁNÍ DOKUMENTACE STAVBY DO MODELU PRO BIM	20
2.1 PŮVODNÍ PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE BYTOVÉHO DOMU	20
2.2 ÚČEL MODELU A MÍRA DETAILNOSTI	22
2.3 MODELOVÁNÍ V AUTODESK REVIT	23
2.3.1 Šablony	23
2.3.2 Podlaží budovy	23
2.3.3 Materiály	24
2.3.4 Families	25
2.3.5 Skladba a konstrukce stěn	26
2.3.6 Vodorovné konstrukce	28
2.3.7 Stavební výplně	29
2.3.8 Schodiště	31
2.3.9 Lodžie	32
2.3.10 Terén	34
2.3.11 Místnosti	35
2.3.12 Fáze vytvoření	36
3. VÝSTUPY A VYUŽITÍ PŘEPRACOVANÉHO MODELU	37
3.1 VYHOTOVENÍ PASPORTIZAČNÍ VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE	37
3.1.1 Výkres	37
3.1.2 Kótování	38
3.2 PODPORA SPRÁVY VLASTNICTVÍ A ÚDRŽBY	38
3.2.1 Poskytnutí 3D modelu uživatelům budovy	38
3.2.1 Výkaz plochy pro zateplení	40
3.3 NÁVAZNOST NA PŮVODNÍ VÝKRESOVOU DOKUMENTACI	41
3.4 MĚŘENÍ A VERIFIKACE MODELU	43
4. ZHODNOCENÍ EFEKTIVITY PŘEPRACOVÁNÍ	44
5. VIZUALIZACE EXTERIÉRU BYTOVÉHO DOMU	45
6. ZÁVĚR	47
BIBLIOGRAFIE	48
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	49
SEZNAM OBRÁZKŮ	50
SEZNAM TABULEK	51
SEZNAM PŘÍLOH	52

ÚVOD

V této závěrečné práci je v rámci teoretické části stručně popsán postup zavádění BIM metodiky v České republice, kdy je v brzké době očekáván přechod na informační modelování ve veřejných nadlimitních zakázkách. V kontextu této změny je popsána role 3D modelování při projektování a pasportizaci staveb, kdy je téma informačního modelování nezbytnou součástí pro efektivní řízení průběhu návrhu, od pozice architekta až po kontrolu kolizí technických zařízení budov. U stávajících budov představuje BIM možnost průběžného aktualizování projektové dokumentace a správu budovy ve virtuálním prostoru, čímž může přispět k efektivnějšímu plánování oprav či rekonstrukcí.

Každá z fází realizace či provozu budovy vyžaduje různý obsah modelu. Toto téma je rozebráno v další kapitole teoretické části. V rámci ní byl popsán rozdíl v přístupu hodnocení obsahu podle britské Rady pro stavební průmysl a staršího přístupu Amerického institutu architektů. Zmíněna zde je i česká alternativa vytvořená Českou agenturou pro standardizaci, která je zatím aplikována pouze v pilotních projektech.

Dalším tématem je sdílení obsahu informačního modelu, kdy je zmíněna možnost spolupráce uživatelů Autodesk, konkrétně platformy BIM Collaborate. Stručně popsána je problematika zachování informací při konverzi do mezinárodního IFC formátu a výměna informací mezi realizační a provozní fází budovy pomocí COBie, což je datová struktura vycházející právě z IFC formátu.

V závěru teoretické části jsou popsány metody sběru dat pro informační modelování. Tyto stručné popisy metod objasňují hlavní výhody a nevýhody každé z nich.

Praktická část se větší mírou zabývá samotným modelováním v programovém prostředí Revit. Je zde popsán obsah obdržených podkladů a základní použité postupy při tvorbě jednotlivých stavebních prvků modelu. U některých součástí modelu jsou popsány alternativní přístupy k jejich tvorbě. Tuto část uzavírá popis fázování obsahu modelu, kdy je možné doplňovat dílčí změny a zachovávat přitom i původní verzi dokumentace.

V druhé polovině praktické části je popsána možnost různých výstupů v podobě zjednodušené výkresové dokumentace nebo 3D pdf pro potřeby sdílení obsahu neodborné veřejnosti. Je zde také vyčíslena relativní přesnost rozměrů místností získaná z kontrolního měření společných prostor. V samotném závěru je zhodnocena celková efektivnost přepracování.

Z důvodu ochrany osobních údajů vlastníků byl obsah závěrečné práce anonymizován.

1. PŘEHLED O SOUČASNÉM STAVU PROBLEMATIKY INFORMAČNÍHO MODELOVÁNÍ

BIM je zkratka anglického Building Information Modeling, což je do češtiny často překládáno jako informační model budovy. Tento model se skládá z fyzické a funkční části. První část nám zobrazuje model budovy jako skupinu 3D těles reprezentujících geometrické uspořádání budovy pro její vizualizaci. Druhá část zastupuje objektově orientovaný informační systém, ve kterém jsou jednotlivým součástem přiřazeny další kvalitativní údaje pro daný účel použití. Může se jednat o technické informace konstrukčních prvků, jejich statické parametry, vzájemné vazby na ostatní prvky, ale i životnost a intervaly údržby.

Nástroj informačního modelování je svým využitím velice všestranný, jelikož výsledný produkt může obsahovat prakticky jakékoliv informace. Prostředky pro tvorbu, analýzu nebo prezentaci těchto modelů však tyto možnosti často omezují jen na některé profese, a tak je potřeba určit jakému účelu bude výsledný model sloužit. Od účelu se následně odvíjí informační i grafický obsah, způsob sběru vstupních dat, použitý software, forma výstupu a další.

S příchodem výpočetní techniky se postupně přecházelo na tvorbu výkresové dokumentace za pomoci tzv. počítačově podporovaného projektování – CAD. Ačkoliv jsou nástroje pro tvorbu BIM jako je Revit technicky CAD programy, pojem „CAD“ se váže spíše ke kreslicím programům. BIM přichází se zcela odlišným přístupem k tvorbě dokumentace staveb. Použití CAD v projektování nebo dokumentaci budov spočívá v tvorbě výkresů půdorysů, řezů a dalších potřebných výkresů. Při použití BIM jde o vytvoření modelu budovy, ze kterého jsou požadované výkresy generovány. Tyto vztahy CAD a BIM bývají příčinou nesprávné interpretace informačního modelování. Často je nesprávně považován za informační model stavby samotný 3D model. BIM ve své podstatě zahrnuje nejen vlastní informace, ale také pravidla pro práci s nimi a 3D model je pouze jedním z mnoha možných způsobů prezentace těchto informací [1].

1.1 Zavádění BIM v České republice

Vláda 22.11.2016 oficiálně pověřila Ministerstvo průmyslu a obchodu zaváděním BIM do praxe v ČR. Dokument „Význam metody BIM (Building Information Modeling) pro stavební praxi v České republice a návrh dalšího postupu pro její zavedení“, který byl předkládán na základě usnesení č. 2 Rady vlády pro stavebnictví ČR informoval o principu a významu BIM a o nezbytnosti jeho zavedení v ČR. Vláda následně schválila usnesením č. 682 (2017) dokument Koncepce zavádění metody BIM v České republice.

Následovaly další kroky. V roce 2018 byl vyhlášen IFC celostátně podporovaným formátem pro BIM model. V roce 2019 byly vytvořeny standardy rozsahu LOI a LOD pro fáze tvorby dokumentace stavby. Aktuálně (2021) je v plánu promítnutí změn související legislativy v rámci zavádění metody BIM s následujícím uložením povinnosti použití BIM pro nadlimitní veřejné zakázky na stavební práce. [2]

1.2 3D modelování při projektování a pasportizaci objektů

Přechod z vytváření 2D projektové dokumentace staveb na tvorbu prostorových modelů samo o sobě vyžaduje změnu v přístupu z CAD na BIM. Vedení samotného 3D modelu budovy totiž nepřináší žádné větší výhody oproti klasickým výkresům, pomineme-li například účely vizualizace či prezentace návrhu.

Při vytvoření návrhu budovy architektem, který používá metodiku BIM vzniká „virtuální dvojče“ budovy již z dílčích komponent jako je zeď, trám, střecha atd., s jejich jednotlivými parametry. Takový model postoupený projektantovi již obsahuje všechny podstatné informace o geometrii stavby, a tím minimalizuje možné nesprávné interpretace výkresů. Projektant dále provede analýzu proveditelnosti a doplní informační model o dílčí konstrukční prvky s vyhodnocením jejich kolizí.

Při návrhu technických zařízení budov je dnes kvůli rostoucí složitosti technických zařízení důležité mezioborové chápání stavby a koordinace jednotlivých profesí. Řešení kolizí technických zařízení jednotlivých oborů až na stavbě bývá zdrojem nejen rozporů mezi zúčastněnými stranami, ale také finančních ztrát [3]. BIM umožňuje tyto kolize řešit již v projekční fázi, kde je proveditelnost změn nejsnazší a zároveň náklady na provedení změny nejmenší.

O stávajících budovách mají jejich majitelé či správci často jen omezené informace vycházející z původní projektové dokumentace vzniklé v době uvedení budovy do provozu. Pokud vůbec taková dokumentace existuje, nezachycuje změny pro účely údržby či rekonstrukce provedené za dobu užívání této budovy. Povinnost vedení či vyhotovení dokumentace skutečného stavu budovy je přitom dána Stavebním zákonem č.183/2006 Sb. ve znění účinném od 1.1.2018, který v § 125 uvádí:

(1) Vlastník stavby je povinen uchovávat po celou dobu trvání stavby ověřenou dokumentaci odpovídající jejímu skutečnému provedení podle vydaných povolení. V případech, kdy dokumentace stavby nebyla vůbec pořízena, nedochovala se nebo není v náležitém stavu, je vlastník stavby povinen pořídit dokumentaci skutečného provedení stavby. Při změně vlastnictví ke stavbě odevzdá dosavadní vlastník dokumentaci novému vlastníkovi stavby.

(3) Neplní-li vlastník stavby povinnost podle odstavce 1, stavební úřad mu nařídí, aby pořídil dokumentaci skutečného provedení stavby. Pokud není nezbytná úplná dokumentace skutečného provedení stavby, uloží stavební úřad pouze pořízení zjednodušené dokumentace (pasport stavby), pokud ji stavebník nepořídil sám.

Z výše uvedeného samozřejmě nevyplývá nutnost vyhotovovat pasport stavby či dokumentaci metodikou BIM. Při samotném zaměření skutečného stavu však může docházet ke sběru mnoha dalších dat, které je možno zakomponovat do informační nebo geometrické části modelu. Záleží na objednateli, co od výsledného modelu očekává a zda je ochoten do sběru případných dalších dat a udržování modelu investovat.

1.3 Požadavky na obsah a podrobnost modelu

Zadání podrobnosti BIM modelu se může řídit dostupnou legislativou, kterou máme k dispozici i při vytváření dokumentace tradičním způsobem. Jedná se o stavební zákon a jeho vyhlášky týkající se dokumentace staveb. ČSN, EN, ISO a další normy, popřípadě různé sazebníky. Podrobnost výkresové dokumentace a určení toho co má být v jaké fázi obsahem dokumentace však není uvedeno v žádných z těchto podkladů a je tedy potřeba vycházet z odborné zkušenosti a nepsaných pravidel. Hlavním obsahovým požadavkem na BIM má být minimálně to, aby zahrnoval ve svých datových parametrech prvků všechny informace, které jsou uvedeny v tradičních výstupech dokumentace stavby.

Pro ujasnění, co je BIM a jeho zakotvení do smluv může sloužit několik nástrojů jako je například britský CIC protokol nebo tzv. LOD který obecným způsobem definuje podrobnost modelu v konkrétních realizačních či provozních fázích budovy [4]. Česká agentura pro standardizaci na jaře roku 2021 vydala v rámci pilotního projektu vlastní BIM protokol. Jeho obsah a některé přílohy jsou dostupné z www.bimkoncepce.cz.

LOD/BIM podle Construction Industry Council (CIC)

Britská Rada pro stavební průmysl vydala protokol usnadňující zakomponování BIM do smluv. Definuje, co přesně je BIM a jak bude na projektu použit. Součástí protokolu je také tabulka vytváření a dodávky modelů (Model Production and Delivery Table – MPDT), což je klíčový dokument, který rozděluje odpovědnost za přípravu modelů a určuje úroveň podrobnosti (Level of Definition – LOD), kterou modely musí splňovat v jednotlivých fázích projektu nebo při předávkách dat uvedených v tabulce 1. Dále je zde řešeno například duševní vlastnictví obsahu modelu nebo povinnosti objednatele a člena projektového týmu.

	Předávka 1		Předávka 2a		Předávka 2b		Předávka 3		Předávka 4	
	Fáze 1		Fáze 2		Fáze 2		Fáze 3		Fáze 6	
	Tvůrce modelu	Úroveň podrobnosti	Tvůrce modelu	Úroveň podrobnosti	Tvůrce modelu	Úroveň podrobnosti	Tvůrce modelu	Úroveň podrobnosti	Tvůrce modelu	Úroveň podrobnosti
Celková forma a obsah										
Prostorové plánování	Architekt	1	Architekt	2	Zhotovitel	2	Zhotovitel	3	Zhotovitel	6
Staveniště a kontext	Architekt	1	Architekt	2	Zhotovitel	2	Zhotovitel	3	Zhotovitel	6
Průzkumy							Zhotovitel	3		
Vnější forma a vzhled			Architekt	2	Zhotovitel	2	Zhotovitel	3	Zhotovitel	6
Části budovy a staveniště					Zhotovitel	2	Zhotovitel	3	Zhotovitel	6
Prostorové plány vnitřních částí					Zhotovitel	2	Zhotovitel	3	Zhotovitel	6
Designové strategie										
Požární ochrana			Architekt	2	Zhotovitel	2	Zhotovitel	3	Zhotovitel	6
Fyzické zabezpečení			Architekt	2	Zhotovitel	2	Zhotovitel	3	Zhotovitel	6
Přístup pro postižené osoby			Architekt	2	Zhotovitel	2	Zhotovitel	3	Zhotovitel	6
Přístup pro údržbu			Architekt	2	Zhotovitel	2	Zhotovitel	3	Zhotovitel	6
BREEAM (hodnocení vlivu stavby na životní prostředí)					Zhotovitel	2	Zhotovitel	3	Zhotovitel	6

Tabulka 1: Část specifikace obsahu předávek modelu [5]

Etapa dokumentace (Level of Definition – LOD)

Jedná se o popis fáze vývoje dokumentace stavby, sloužící k identifikaci, jaké informace mají být zahrnuty do modelu během procesu projektování, realizace a provozu budovy. Jde tedy o definice požadavků na geometrickou podrobnost (Level of Geometry – LOG) a informační podrobnost (Level of Information – LOI) modelu. Dříve se zkratka LOD používala pro Level of Detail, což má význam dnešního LOG. Jednotlivé úrovně jsou definovány v PAS 1192 (Publicly Available Specification) - britská specifikace pro BIM a BEP, která dala základ normě ČSN EN ISO 19650 - Organizace a digitalizace informací o budovách a inženýrských stavbách včetně informačního modelování staveb (BIM).

Definované úrovně jsou:

- LOD 1 Instrukce (zadání, prvotní studie)
- LOD 2 Koncepce (koncepční studie)
- LOD 3 Vypracovaný návrh (DUR a PSP)
- LOD 4 Produkce (prováděcí dokumentace)
- LOD 5 Instalace (stavební modelování a doplnění dat o výstavbě)
- LOD 6 Postaveno (dokumentace skutečného provedení)
- LOD 7 V užívání (udržovaný a spravovaný model)

LOD podle American Institute of Architects (AIA)

Systém podle AIA je založen na grafické podrobnosti a vlastnostech každého prvku. Se zvyšujícím se LOD, se zvyšuje míra grafické podrobnosti i míra informací jednotlivých prvků až do úrovně LOD 500. Definice je jen do úrovně LOD 400, která sama o sobě je již velmi nadstandardní a používá se jen velmi zřídka z ekonomických důvodů [6].

Jednotlivé úrovně detailnosti jsou definovány následovně [7]:

LOD 100

Prvky nejsou geometrickou reprezentací objektů, jsou zastoupeny symboly a přibližným umístěním. Všechny informace musí být brány jako orientační

LOD 200

Z prvků lze rozpoznat zastupující objekty, mají však přibližný tvar sloužící k vymezení jejich objemu v prostoru.

LOD 300

Rozměry objektů lze odměřit přímo z modelu, bez vazby na rozměrové údaje neobsažené v modelu.

LOD 350

Podobné jako LOD 300, navíc jsou zde modelovány prvky nezbytné pro koordinaci s dalšími elementy a jejich vazby.

LOD 400

Prvky mají geometrickou i informační přesnost odpovídající specifikaci od výrobce

Jelikož je BIM poměrně novou záležitostí, jeho terminologie se postupně vyvíjí a bylo proto využito co nejaktuálnějších článků z odborných českých i zahraničních portálů. Pro objasnění vztahu obou systémů hodnocení obsahu modelu je uvedena následující tabulka:

systém LOD		
UK	US	definice
1	100	Prvek je definován 2D plochou
2	200	Zde se nachází prvek
3	300	Zde se nachází prvek o konkrétních rozměrech
4	350	Zde se nachází prvek o konkrétních rozměrech a s těmito funkcemi a vlastnostmi
5	400	Je to tento konkrétní prvek
6		Tento prvek má tyto rozměry, funkce, vlastnosti, výrobce, dodavatele, jeho revize,...
7		K prvku se přiřazují další data a mohou se k němu vázat jednotlivé dokumenty (revize, fotografie, technické listiny,...)

Tabulka 2: Porovnání amerického a anglického LOD

1.4 Sdílení obsahu informačního modelu

Informační modelování nespočívá jen ve vytvoření samotného modelu na konkrétní platformě, ale i ve sdílení jeho informací co možná nejširší skupině, která se podílí na spoluvytváření a fungování budovy. Proto je nutné buď zavádět standardizované formáty, nebo v rámci pracovní skupiny používat software od stejného výrobce, který však svým zaměřením obsáhne jen některé profese vstupující do procesu realizace či provozu budovy.

1.4.1 Výchozí formát Revit (.rvt)

Jedná se o výchozí formát platformy od Autodesku. Jelikož je model pro tento formát vytvářen, obsahuje všechny informace o projektu. Součástí souboru jsou i veškeré použité knihovny a materiály, a tím je snadno přenosný mezi uživateli a zajišťuje funkčnost na všech zařízeních s licencí Autodesk. Nevýhodou tohoto formátu je nekompatibilita formátů novějších verzí se staršími, a tím i nutnost koordinace verzí softwaru Revit mezi uživateli. Každoroční nové verze softwaru zapříčiňují velký rozptýl verzí projektů a rodin a jejich nutnou konverzi na aktuální vydání. To na funkčnost modelu nemá vliv v případě přechodu ze starší verze na novější, opačným směrem však konverze nefunguje a již v rok staré verzi Revitu neotevřeme modely vytvořené v nejnovějším vydání.

Spolupráce jednotlivých subjektů zasahujících do modelu je zajištěna dalšími službami, jako je Collaboration for Revit (C4R), která je součástí aplikace BIM Collaborate Pro. Jde o centralizovaný přístup k datům projektu BIM pomocí

samostatné cloudové služby. Ta mimo jiné zajišťuje i komunikaci mezi jednotlivými pracovníky pomocí tzv. komunikátoru.

Tento formát je pro úpravy vázán na licencovaný program a udržování aktuálnosti modelu je tedy závislé jak finančně, tak i po stránce odbornosti obsluhy. Pro prohlížení modelu existují bezplatné softwary jako je například BIM Viewer nebo internetový prohlížeč přímo od společnosti Autodesk Autodesk Viewer. Ten zajišťuje prohlížení i dalších CAD formátů z programů Inventor, Civil 3D a dalších.

1.4.2 Mezinárodní formát IFC

Formát IFC neboli Industry Foundation Classes je mezinárodní formát BIM dat, který umožňuje výměnu dat mezi autorskými BIM aplikacemi různých výrobců a skládá se z grafických a popisných dat. Při převodu mezi dvěma autorskými aplikacemi pomocí formátu IFC se celková geometrie modelu nezmění, změní se však parametrické chování dílčích komponent. Ztratíme tím plnohodnotnost modelu a nebudeme v něm moci pracovat stejně jako kdyby byl v konkrétní aplikaci vytvořen od začátku. Je to způsobeno tím, že každá aplikace má své mechanismy, jak tvoří 3D geometrii a společně s tím ji parametrizuje.

IFC vznikl primárně jako specifikace, která definuje datovou strukturu schopnou podrobného popisu stavby. V prostředí Revit se můžeme setkat s širokou škálou atributů prvků modelu, které si program definuje sám a jsou u každého vytvořeného prvku. Další atributy si uživatel může doplnit sám, a ty mohou obsahovat v podstatě jakékoliv informace, pro které nemá struktura IFC žádný ekvivalent a může dojít ke ztrátě informací. [8]

1.4.3 Výměna informací pomocí COBie

Zkratka COBie z anglického Construction Operations Building information exchange má sloužit k výměně informací mezi realizační a provozní fází životního cyklu budovy. Jedná se o definici datové struktury vycházející z IFC. Je to jakýsi filtr dat IFC, který slouží účelům správy budovy. Může mít podobu tabulky MS Excel, strukturované pomocí předem dané šablony.

Pokud se BIM zpracovává, jako v této práci, k již existující budově a není zahrnut už do projekční fáze, je velmi časově náročné posbírat veškerá relevantní data o technických zařízeních, stavebních prvcích, místnostech a dalších objektech do databáze informačního modelu. Potřebné informace dostáváme jako zde z původní dokumentace, nebo fyzickou prohlídkou budovy.

Je-li však k dispozici BIM od začátku, máme velké množství informací již v databázové podobě, a tím se dají využít například i pro účely správy budovy. Jelikož informační modely sami o sobě nejsou jasně strukturovanou databází, ve které by se každý vyznal, je zapotřebí zavedení standardů jako je právě COBie. Ten dává BIMu jasnou strukturu, ve které se lze vyznat a velká část informací potřebných pro funkční správu budovy může přicházet přímo z informačního modelu bez nutnosti jejich dodatečného sběru [9]. Příklad COBie můžeme vidět na obrázku 1.

Name	CreatedBy	CreatedOn	Category	Description	UnitType	Manufacturer	ModelNumber
227 Pre-planted vegetation blanket	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr. 45, 57, 91, 65 : Pre-planted vegetation	Pre-planted vegetation blankets			
228 Rootball securing assembly	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr. 45, 63, 64, 72 : Rootball securing frames	Rootball securing assembly	enquiries@greenleaftrees.co.uk	SASDMA	
229 Stakes	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr. 45, 63, 64, 84 : Stakes	Stakes	sales@jacksons-fencing.co.uk	Tree Stakes	
230 Tree grilles	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr. 45, 63, 64, 87 : Tree grilles	Tree grilles	msf.sales@marshalls.co.uk	OLTG204, OLT	
231 Tree guards	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr. 45, 63, 64, 88 : Tree guards	Tree guards	msf.sales@marshalls.co.uk	OLTR301, OLT	
232 Corrosion inhibitor chemicals for op	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr. 60, 55, 96, 15 : Corrosion inhibitor chemicals	Corrosion inhibitor chemicals	Submit proposals.		
233 Scale inhibitor chemicals for op	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr. 60, 55, 96, 77 : Scale inhibitor chemicals	Scale inhibitor chemicals	Submit proposals.		
234 Dosing pots	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr. 60, 55, 97, 07 : Biocide dosing pots ; Pr	Dosing pots	Submit proposals.		
235 Gas fired condensing boilers	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr. 60, 60, 08, 34 : Gas fired condensing boilers	Gas fired condensing boilers	Submit proposals.		
236 Storage water heaters, gas fired	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr. 60, 60, 96, 34 : Gas-fired storage water heaters	Storage water heaters	Submit proposals.		
237 Immersion heaters	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr. 60, 60, 96, 42 : Immersion heaters	Immersion heaters	Submit proposals.		
238 Low temperature hot water heaters	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr. 60, 65, 37, 47 : Low temperature hot water heaters	Low temperature hot water heaters	Submit proposals.		
239 PVC-U solid wall below ground	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr. 65, 52, 07, 88 : Unplasticized polyvinyl chloride	PVC-U solid wall below ground	Submit proposals.		
240 Covers and gratings for floor gullies	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr. 65, 52, 24, 30 : Floor gully covers and gratings	Covers and gratings for floor gullies	Submit proposals.		
241 Floor gullies	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr. 65, 52, 24, 31 : Floor gullies	Floor gullies	Submit proposals.		
242 Freestanding grease traps and catchers	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr. 65, 52, 25, 32 : Free-standing grease traps and catchers	Freestanding grease traps and catchers	WPL Ltd Sewage Treatment & Rainwater	WPL Grease C	
243 Pressure gauges	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr. 65, 52, 34, 66 : Pressure gauges	Pressure gauges	Contractor's choice.		
244 Temperature gauges	info@ABCArchitecture.com	2017-04-05	Pr. 65, 52, 34, 88 : Temperature gauges	Temperature gauges	Contractor's choice.		

Obrázek 1: COBie tabulka [10]

1.5 Metody získávání dat

Při tvorbě BIM u již existující budovy je hlavní posoudit účel, jakému bude sloužit a na základě toho zvolit metodu sběru dat, i v závislosti na dostupných podkladech. Model se poté zpracuje na různých úrovních detailnosti a konstrukční věrnosti. Pokud budeme chtít model pro architekta, poslouží nám takový, který je navenek prostorově věrný, se základními prvky jako jsou stěny, podlahy, stropy, okna, dveře apod. Pro správce budovy bude stačit hrubé prostorové uspořádání místností, vytápěné objemy, plochy pro zhotovení tepelné či hlukové izolace nebo pro pokládku nové podlahy a jejich kalkulace. Pro stavebníka rozvody elektřiny apod. Ne vždy je původní dokumentace zachována je třeba zvolit způsob jak ji částečně nebo zcela nahradit s ohledem na čas a náklady s tím spojené.

1.5.1 Klasické geodetické metody

Jednou z možností je zaměření interiéru i exteriéru klasickými geodetickými metodami. Může být využito totální stanice s odrazným hranolem nebo systému s pasivním odrazem, kdy odpadá nutnost účasti dvou měřičů. V závislosti na požadované geometrické přesnosti však připadá v úvahu i obyčejný laserový dálkoměr nebo pásma, kterými pohodlně změříme rozměry pravoúhlých místností i relativní umístění technického vybavení.

Při zaměření budovy jako celku je potřeba, jednotlivá stanoviška určovat v rámci účelové sítě, kterou lze při nadbytečných měřeních vyrovnat a navázat na sebe jednotlivé části nebo podlaží budovy. V kombinaci s krátkými záměry v místnostech lze v závislosti na členitosti objektu dosáhnout velké přesnosti (do 1-2 cm). Pokud to dispozice nedovolují, je nutné budovou vést alespoň polygonový pořad. Nevýhodou této metody je pracnost a časová náročnost. Dalším faktorem je míra zjednodušení prostoru, kdy místnosti jednoduchého tvaru lze často interpretovat čtyřmi body zaměřenými v rozích. Při zvýšených nárocích na zmapování detailního průběhu stěn a jejich deformací je však potřeba volit hustší síť bodů a tím se efektivita měření značně snižuje. V takovém případě je dobré zvážit alternativní metody, jako je laserové skenování nebo fotogrammetrie.

1.5.2 Laserové skenování

Další z alternativních možností je použití laserového skeneru, který nám může zajistit prostorová data na velmi detailní úrovni. Se správnou volbou rozlišení skenování celku nebo dílčích částí se můžeme vyhnout zpracování velkých objemů mračen bodů a tím zefektivnit celý proces modelování. Účelová síť nebo polygonový pořad pro stanoviška skenerů by měly odpovídat svými parametry síti vybudované pro klasické geodetické metody, slouží totiž jako kontrola k samotnému skenování a navázání jednotlivých mračen bodů. Během měření je doporučeno vyhotovovat měřické náčrty s vyznačenými pozicemi skenerů pro identifikaci nedostatečného překryvu mračen a provedení nezávislého kontrolního měření během celého procesu sběru dat [10].

1.5.3 Fotogrammetrie

Fotogrammetrie je často využíváno při dokumentaci památkových objektů. Do informačního modelu může vstupovat formou obrazů fasád nebo maleb, kdy postačí jednosnímková fotogrammetrie. Často je také používána pro přiřazení textur povrchům, i těm, které primárně nemuseli být modelovány z fotogrammetrických dat. Model však může být postaven jen na fotogrammetrických metodách, kdy se využívá stereofotogrammetrie nebo průsekové metody k tvorbě prostorových dat. Metoda šetří čas při sběru dat v terénu a přesouvá většinu práce k počítačům. Jako nevýhoda může být považován velký nárok na výkon počítačů kde jsou snímky zpracovávány. V dnešní době se však možnost tzv. cloud computingu, tedy výpočet finálního modelu na vzdálených serverech, což požadavky na výkon značně zmenšuje.

1.5.4 Data potřebná k modelování

Modelování v CAD/BIM programech vychází z 2D umístění základních entit v půdorysech jednotlivých podlaží nebo v řezech. Jako reference pro jejich umístění může sloužit připojený 2D CAD soubor, vektorizovaná původní výkresová dokumentace či mračno bodů. Je nutné si uvědomit, že popsanou realitu výše zmíněnými metodami je nutné poskládat z dostupných entit, které modelu musí přinášet nejen údaje o tvaru a rozměru daného objektu ale i další negeometrické informace.

Při zaměření klasickými geodetickými metodami získáváme potřebný půdorys již při samotném měření, jelikož měřič musí prostor, který zaměřuje, zjednodušovat na geometrické tvary. Laserové skenování poskytuje věrnější obraz reality, nicméně pro tvorbu BIM a určení jednotlivých entit bývá mračno bodů aproximováno na přímky nebo plochy a vstupem pro modelování bývá opět 2D půdorys nebo řez.

2. PŘEPRACOVÁNÍ DOKUMENTACE STAVBY DO MODELU PRO BIM

2.1 Původní projektová dokumentace bytového domu

Původní dokumentace byla zhotovena v březnu až květnu roku 1969 a zaštitěna architekty Ing. Vitem Adamcem a Ing. Petrem Braunerem. K dispozici byla jen část této dokumentace v rozsahu dle tabulky 3.

Označení výkresu	měřítko	formát	Označení výkresu	měřítko	formát
Výkopy	1:50	10 x A4	Kladečský plán stropu nad 3. N.P.	1:50	8 x A4
Základy	1:50	10 x A4	Pohled JV	1:50	10 x A4
Půdorys 1. P.P.	1:50	10 x A4	Pohled JZ	1:50	10 x A4
Půdorys 1. N.P.	1:50	10 x A4	Pohled SZ	1:50	10 x A4
Půdorys 2. N.P.	1:50	10 x A4	Ocel. Zábradlí log. V 1. N.P. - JV	1:20, 1:2	5 x A4
Půdorys 3. N.P.	1:50	10 x A4	Ocel. Zábradlí loggiové	1:20	14 x A4
Půdorys střechy	1:50	10 x A4	Ocel. Zábradlí lodžiové	1:50, 1:20	10 x A4
Řez A-A'	1:50	10 x A4	Loggiové zábradlí SZ	1:20, 1:2	8 x A4
Řez B-B'	1:50	10 x A4	Schodišťové zábradlí	1:20	14 x A4
Řez C-C', D-D', řez arkýřem	1:50	8 x A4	Schodiš. zábradlí - detaily	1:10, 1:1	8 x A4
Vzorové řezy podlah	1:2	14 x A4	Schema sestav sklepních oken + detail spojení	1:2	4 x A4
Detail "A", "B" a vpusti	1:10	8 x A4	Detail spojení balkon. dveří s oknem	1:20	6 x A4
Kladečský plán stropu nad 1. P.P.	1:50	8 x A4	Stav. úpravy pro světlík s podsv.	1:20, 1:2	12 x A4
Kladečský plán stropu nad 1. N.P.	1:50	8 x A4	Venkovní stěna zimní zahrady - boční	1:20, 1:2	10 x A4
Kladečský plán stropu nad 2. N.P.	1:50	8 x A4	Venkovní stěna zimní zahrady - čelní	1:20, 1:2	12 x A4
Výlez na střechu	1:10	8 x A4	Vnitřní stěna zimní zahrady	1:20, 1:2	12 x A4
Ocelové zábradlí franc. Okna	1:20, 1:2	10 x A4	Venkovní ocel. zábradlí	1:20, 1:5	12 x A4
Mřížová žaluzie před koupel. okny	1:50, 1:5	12 x A4	Dřev. vrata do garáží + obkl. stěny	1:20, 1:2	10 x A4

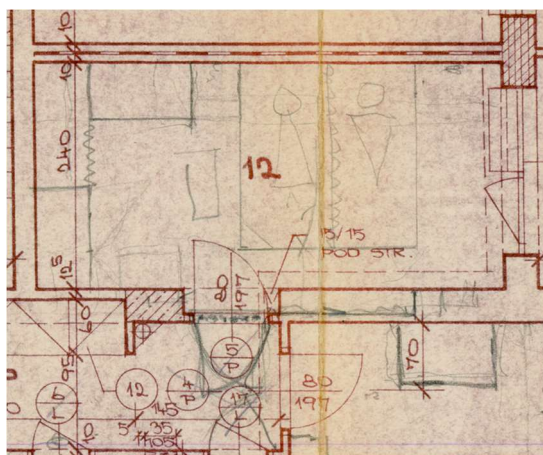
Tabulka 3: Rozsah výkresů původní dokumentace

Elektronické obrazy těchto výkresů byly vyhotoveny na velkoformátovém skeneru v rozlišení 200 dpi s velikostí přibližně 10 000 x 8 000 pixelů. V takovémto formátu byly bez problému čitelné veškeré potřebné detaily výkresů, vyjma případů mechanického poškození či znečištění dokumentace, které bylo však ojedinělé.

Obsah výkresů

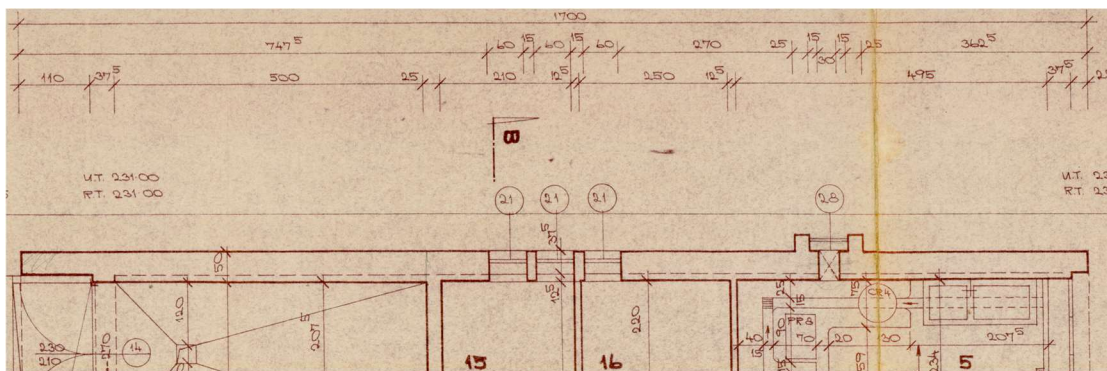
Základním podkladem pro tvorbu modelu jsou půdorysy a řezy objektu. Kromě grafické části reprezentující geometrické členění budovy obsahují výkresy půdorysů také legendu místností s výměrami a účelem, výpis materiálů a poznámky. Některé výkresy doplňují

V porovnání s dnešními projekty je zde výjimečná podrobnost, kdy je řešeno například spojení balkonových dveří s oknem viz obrázek 3 nebo obložení jídelního koutu s detailem jeho ukotvení do stěn. Tyto výkresy detailů nejsou předmětem přepracování a jsou v modelu dostupné v jejich původní verzi formou přiřazeného obrázku k dané komponentě. To umožňuje interakci s původní dokumentací a dohledání konkrétních technických řešení stavby a montáže jejího příslušenství.

[illegible]

Obrázek 3: Detail spojení okna

První příklad se týká rozměrů místností v suterénu při severozápadní straně budovy. Z obrázku 4 je patrné že vnější rozměr stěny 1700 cm neodpovídá součtu kót vnitřních příček, který činí 1715 cm. Byla zvolena varianta zúžení místnosti č. 16 o 15 cm tak, aby její příčka nezasahovala do sklepních oken.



Obrázek 4: Nesoulady v kótování

Druhý příklad objasňuje rozdíl skladeb podlah, kdy v řezech budovy máme uvedenou tloušťku podlah v obytných prostorách 8,5 cm a ve vzorových řezech jen 7,5 cm. V kontextu skladby stropních panelů PZD (výška 215 mm) byla zachována hodnota podlah z řezů, tedy 8,5 cm.

2.2 Účel modelu a míra detailnosti

Před samotným modelováním budovy je nutné určit účel pro jaký bude model sloužit a od toho odvozená detailnost geometrie i obsažených informací. Při tvorbě modelu, u již existující budovy je jedním z hlavních účelů zefektivnění její následné správy a údržby. Jedním z účelů tohoto modelu je tedy určení podílu na společných prostorách a přilehlé zahradě ve vztahu k vlastněné části budovy. Tím může být určována cena oprav, ale i rozdělení úklidových služeb společných prostor.

Dalším BIM prvkem budovy je výkaz ploch, který poslouží k hrubé kalkulaci například při realizaci tepelné izolace pláště budovy, výmalbě bytů, pokládce podlah a dalších stavebních úpravách. Program Revit umožňuje rozčlenění objektu podle místností, což je další užitečnou funkcí například při rekonstrukci topení. Podle objemů místností můžeme určit rozměry a počet radiátorů. Parametrů, které budou sloužit konkrétním účelům může být nadefinováno nespočet. Pro účely prezentace těchto funkcí bylo vybráno jen několik, které budou prezentovány v kapitole 3 Výstupy a využití přepracovaného modelu

Modelu je tedy nutno přiřadit potřebnou míru detailnosti. Výchozím měřítkem je americký systém LOD s uvážením obsahu dostupných podkladů, které výsledný obsah omezují. V kontextu výše zmíněných účelů bylo k obsahu modelu přistupováno s jistou rezervou podle tabulky 4:

Elementy objektu	LOD (US)
Základní konstrukce (stěny, stropy, podlahy,...)	300
Stavební výplně (okna, dveře)	200
Zábradlí lodžii pro účely vizualizace	400
Terén	300

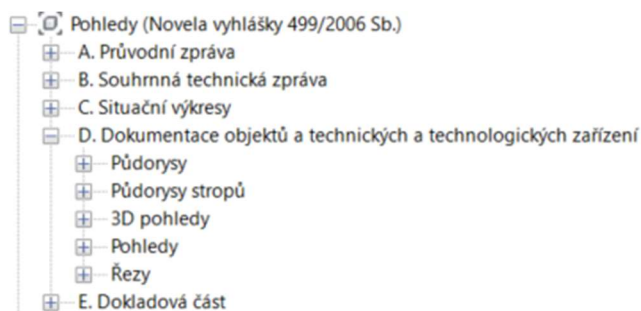
Tabulka 4: Detailnost dílčích částí modelu

Informační část modelu byla vytvářena s ohledem na dostupné podklady a časovou náročnost jen k vzorku prvků.

2.3 Modelování v Autodesk Revit

2.3.1 Šablony

Prvním krokem při zakládání projektu je zvolit si šablonu. Jedná se o přednastavení prostředí a pohledy modelu. Obsahuje i předem přidané rodiny komponent pro daný účel. Pro tento model byla zvolena šablona pro české prostředí, která byla vytvořena členy bývalého Autodesk Clubu (dnes Cad Club [11]). Jedná se o šablonu stavebního projektu dle příslušných ČSN, která obsahuje knihovnu základních rodin, materiálů, struktury projektové dokumentace, styly čar a šraf. Obsahuje pohled manažeru podlaží, pomocí kterého je možno nastavit úrovně jednotlivých poschodí. Na obrázku 5 můžeme vidět výřez z prohlížeče projektu. Struktura je připravena na doplnění dalších textových částí dokumentace jako je průvodní nebo technická zpráva.

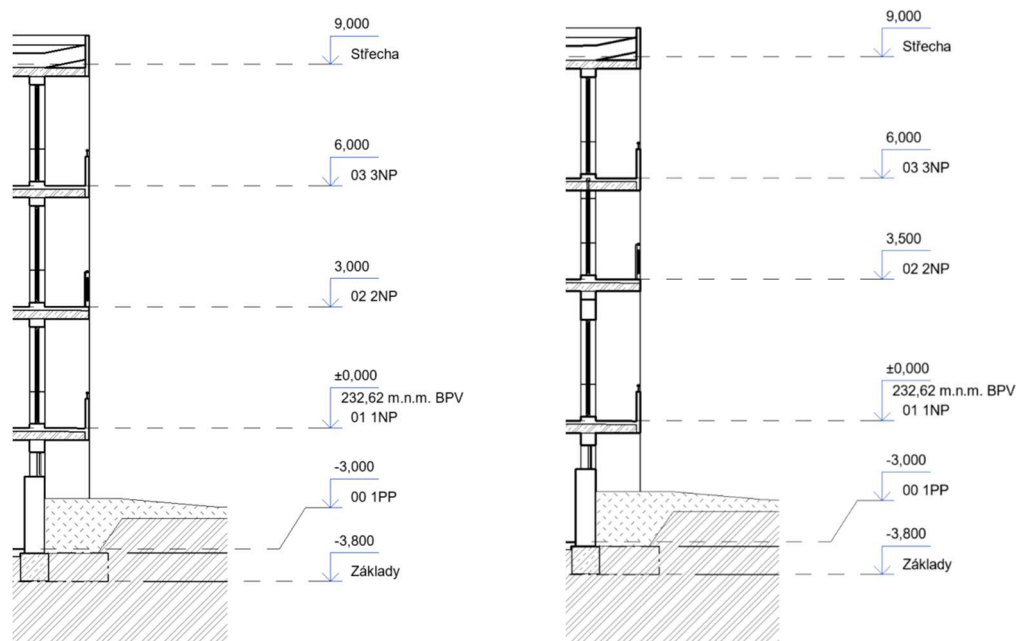


Obrázek 5: Prohlížeč projektu

2.3.2 Podlaží budovy

Z řezů původní výkresové dokumentace byly odečteny relativní výšky podlah, které byly nastaveny i v modelu v pohledu Manažer podlaží. Toto nastavení lze také provést v jakémkoliv řezu nebo bočním pohledu na model. Výškové úrovně slouží k vazbám jednotlivých entit k podlaží a jejich vertikálnímu odsazení. Při přepsání výšky úrovně model dynamicky reaguje změnou výšek jednotlivých komponent, při zachování jejich

vazeb a tím si zachová svoji funkčnost. Na obrázku 6 je znázorněn příklad na již kompletním modelu, kdy byla výška 2. NP posunuta z 3 m na 3,5 m. Jak je patrné, na změnu výšky reagovaly přiřazené komponenty zábradlí, podlah i stěny v řezu. Dveře, jelikož nemají horní vazbu k podlaží nad nimi zůstaly nezměněny.

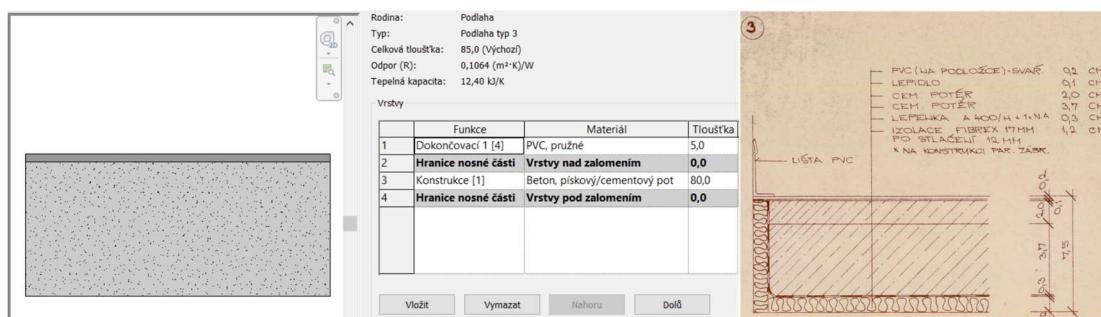


Obrázek 6: Vlevo výška 2.NP 3,000 m, vpravo 3,500 m

2.3.3 Materiály

Knihovna materiálů Autodesk, která je automaticky instalována s programem Revit obsahuje širokou škálu materiálů, které jsou mohou být definovány několika způsoby, a to vzhledem a fyzikálními nebo tepelnými vlastnostmi. Navíc byly použity materiály ve výše zmíněné šabloně, které jsou značeny prefixem CZ. Zahrnují základní materiály (stavební, kovy, dřevo ...) s jejich zobrazením v řezech podle ČSN 01 3406. Tento rozsah pokrývá většinu použitých materiálů vyčtených v dokumentaci. Použité materiály mají pouze ilustrativní charakter a není zaručena shoda jejich parametrů s materiály skutečně použitými.

Každé konstrukci použité v modelu byl přiřazen materiál z knihovny, který nejvíce odpovídal popisu v dokumentaci. Jako příklad je uvedena materiálová skladba podlahy, která byla vyčtena z výkresu vzorových řezů podlah. Na obrázku 7 můžeme vidět porovnání skladeb vybrané podlahy v původní dokumentaci a v editoru skladby podlahy. Je zde patrná generalizace skladby konstrukcí, kdy není uvažována dilatace a izolace podél stěn a je zachován pouze hlavní materiál a dokončovací vrstva podlahy.



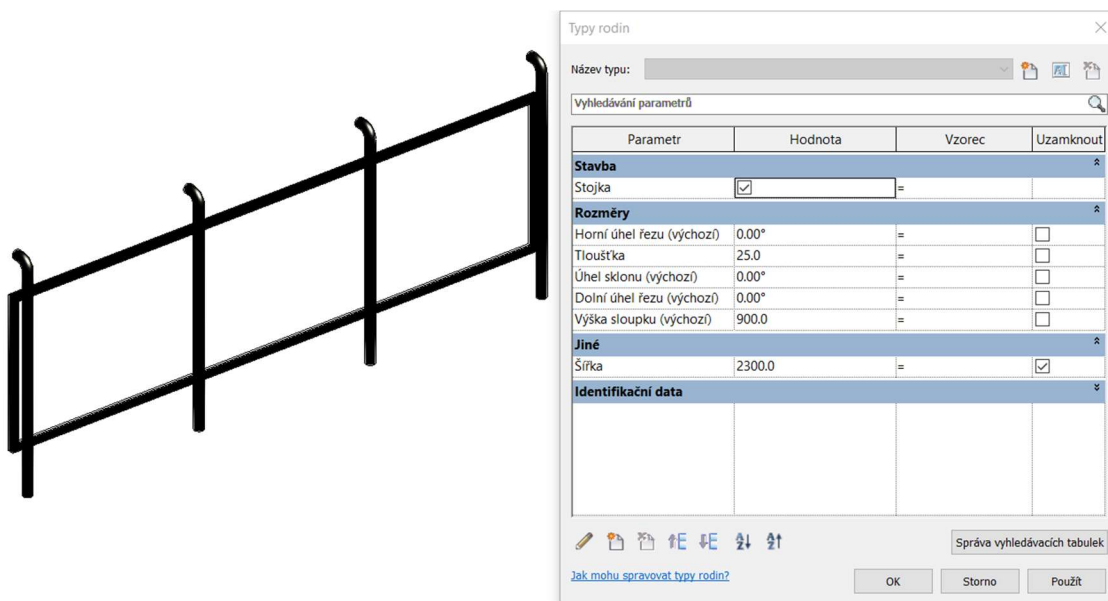
Obrázek 7: Porovnání skladby podlah

2.3.4 Families

Základním stavebním prvkem v programu Revit jsou tzv. rodiny. Jedná se o knihovny stavebních materiálů a objektů jako jsou např. dveře, okna, potrubí nebo nábytek. Tyto objekty jsou navíc rozšířeny o editovatelné parametry, kterými se dají přizpůsobit (např. rozměry dveří a oken). Existuje několik online databází s volným přístupem k rodinám, které vytvořili buď sami výrobci stavebních prvků nebo je vytvořila studia specializovaná na tvorbu obsahu pro Revit. Můžeme k nim přistupovat v internetovém prohlížeči nebo je zaimplementovat jako nadstavbu přímo v programu.

Pro tento model byly částečně využity rodiny z www.bimobject.com, které sloužili jako základ pro vytvoření vlastních objektů. Většina rodin však byla vytvořena zcela od začátku, jelikož editace již existujících rodin je velmi pracná z důvodu velkého počtu dílčích částí a jejich rozměrových vazeb na další komponenty. Přístupy k vytváření se také u různých společností liší a s tím i kvalitativní a obsahová úroveň rodin.

Při vytváření jsou již předdefinované šablony rodin, aby program věděl, jak s nimi pracovat, a do jaké kategorie ho zařadit v různých výpisech prvků. U šablony typu okno bude např. vyžadován hostitel a jsou zde přednastaveny referenční roviny pro výšku parapetu a rozměry okna. Příkladem vytvořené rodiny je prosklený panel zábradlí na lodžích, který byl vytvořen z vestavěné šablony rodiny „Sloupek zábradlí, stojka.rfa“



Obrázek 8: Zábradlí lodžie

V tabulce parametrů můžeme vidět předdefinované hodnoty z šablony, kterými můžeme při vazbě rozměrů přizpůsobovat panel různým sklonům a výšce zábradlí. V případě řešeného bytového domu jsou všechna zábradlí originálního tvaru a jen stěží by se unifikoval např. počet sloupků nebo odsazení od stěn, proto byla pro každé zábradlí vytvořena rodina zvlášť bez globálních parametrů. Jak je patrné z obrázku 8, chybí zde horní madlo, to je součástí samostatné rodiny, jelikož je využíváno i u dalších typů zábradlí.

2.3.5 Skladba a konstrukce stěn

Ve výkresech půdorysů je uveden výpis materiálu v následujících tvarech:

CDM 150 M 100

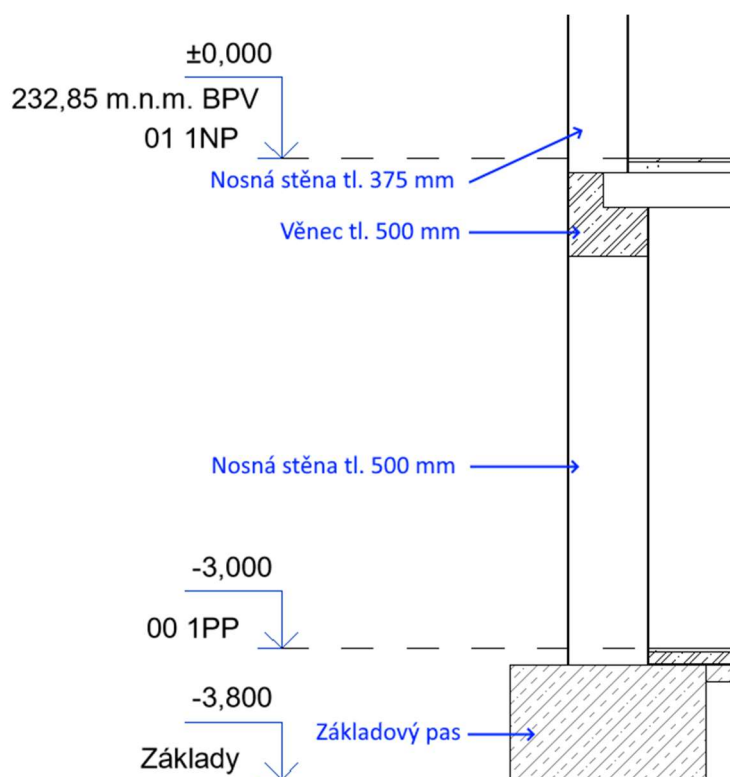
CDM 100 M 25

B 135

CDM značí metrickou cihlu děrovanou, M je označení pro maltu a B pro beton. Číselné údaje za zkratkami nám pak udávají požadovanou pevnost v tlaku. Jelikož tento model neslouží ke statické analýze byly materiály pro stěny zevšeobecněny na tvárnice zdivo bez konkrétních parametrů.

V editoru skladby stěny je možné nadefinovat jak horizontální, tak vertikální skladbu stěn. Při rozdílne vertikální skladbě např. stěna s podezdívkou nebo soklem tvoříme tzv. složené stěny, které se skládají ze základních předem nadefinovaných stěn. Tato varianta byla zvážena při konstrukci nosných stěn, kdy je možno do vertikálních vrstev zahrnout

věnce a stěny tl. 500 mm v 1. P.P. Členitost objektu by však vyžadovala konstrukci dalších dílčích stěn, a tak byla každá vrstva (obrázek 9) modelována jako samostatná stěna.



Obrázek 9: Vertikální skladba stěn

Pro konstrukci stěn nutné přepnutí do půdorysného pohledu podlaží, do kterého chceme danou stěnu umístit. Stěnám se dají přiřadit dolní a horní vazby, a tím se zajistí jejich přimknutí ke konkrétním podlažím. Při následné změně výškové úrovně podlaží se pak výška stěny mění s nimi. Dále je pak možno definovat výškové odsazení od spodní či dolní vazby. Pokud nepotřebujeme horní úroveň stěny vázat na podlaží, je možno použít nepřipojenou výšku stěny, což je její relativní výška.

Horizontální umístění stěny může být vázáno na osu, vnitřní nebo vnější hranu nosné části. V případě že máme rozdílné tloušťky povrchových úprav na vnější a vnitřní stěně můžeme využít umístění vázané na osu stěny nebo vnější či vnitřní hranu povrchové úpravy.

Problematika zobrazení omítek

Půdorysy podlaží byly vytvořeny pro účely realizace stavby a jejich rozměry jsou uvažovány bez omítnutí. Pro zachování číselných hodnot kótování z původní projektové dokumentace je potřeba i v modelu vztahovat kótování k nosné složce zdiva. Pro 3D vizualizaci a renderování objektu je naopak žádoucí, aby byly zobrazeny dokončovací vrstvy stěn. Na začátku tvorby modelu je potřeba stanovit jeho podrobnost, tzv. LOD, podle toho si určit, jestli je výhodnější plochy omítek pouze počítat nebo modelovat [12].

Jedním z přístupů používaných pro účely výkazů ploch je modelování omítek jako samostatné tenké stěny obsahující pouze dokončovací vrstvu. Takovouto stěnou je možné pokrýt celistvé vnější obvodové pláště bez ohledu na jejich vertikální strukturu. Po vytvoření omítky tímto způsobem je nutné spojit její geometrii s konstrukční stěnou, aby bylo zachováno oříznutí u stavebních výplní, které mají přiřazeného hostitele a je jím právě konstrukční stěna. Při nespojení geometrie by musely být stavební výplně ořezány ručně a hranice jejich ořezání by musela být přimknuta na jejich hrany.

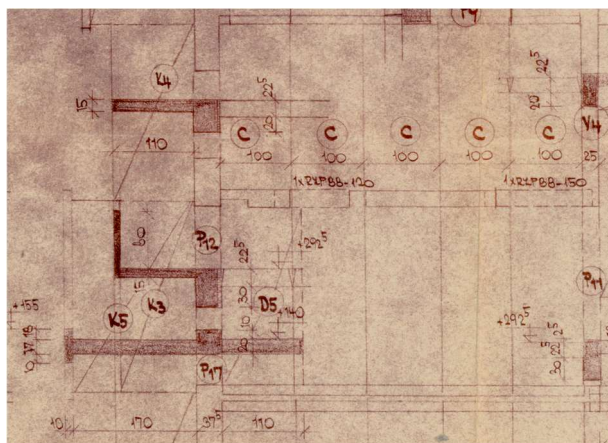
Druhým přístupem je zakomponování vrstvy omítek do rodiny stěny, kdy jsou poté výkazy celkových ploch omítnutí součtem ploch jednotlivých stěn. Tento přístup je pro výkazy ploch méně přesný z důvodu nezapočítávání plochy tloušťky stěny při zalomení a slouží pro výpočty objemů zdiva.

Při modelování bylo využito částečně obou přístupů, první postup byl využit u obvodových stěn, pro vizuální sjednocení jejich vertikální skladby a možnosti výkazu celé plochy stěny. Druhý postup byl použit ve vnitřní části budovy, kde jsou vnitřní příčky v rozsahu jednoho podlaží a nemají žádnou vertikální skladbu. Modelování omítek pro každou příčku zvlášť by navíc bylo časově náročné a pro dané účely nepotřebné.

2.3.6 Vodorovné konstrukce

Při tvorbě podlah, popřípadě stropů je stejně jako u stěn na výběr mezi konstrukční (nosnou) podlahou, která vstupuje do analytického modelu a slouží zároveň jako strop a architektonickou (nenosnou) podlahou, která zastupuje dokončovací vrstvu podlahy.

Stropy jednotlivých podlaží tvoří prefabrikované lehčené panely PZD o tloušťce 215 mm v kombinaci s dobetonovanými prostory kolem komínů a mezi panely. Tuto část reprezentuje konstrukční podlaha. Díky kladečským plánům stropů (Obrázek 10: Výřez kladečského plánu) bylo možno zobrazit panely i jejich rozmístění v modelu a přispělo to k dokumentaci skrytých konstrukcí, které hrají roli při rekonstrukcích, vedení sítí nebo zjišťování příčin deformací a trhlin.



Obrázek 10: Výřez kladečského plánu

Samotné panely byly vytvořeny jako obecné modely podle rozměrů uvedených v kladečských plánech. Jedná se pouze o 3D model zastupující fyzický objekt bez jakýchkoliv statických nebo technických vlastností.

Podlahy v jednotlivých místnostech jsou reprezentovány tzv. architektonickou podlahou a jsou rozčleněny podle typů uvedených v dokumentaci, jak je vidět na obrázku 7. Úpravy dílčích částí podlah nám umožňují vytvořit povrchy s různým členěním a sklonem, toho bylo využito při modelaci podlah v garážích a na střeše, kde je podlaha vyspádovaná kvůli odtoku dešťové vody do vpustí.

2.3.7 Stavební výplně

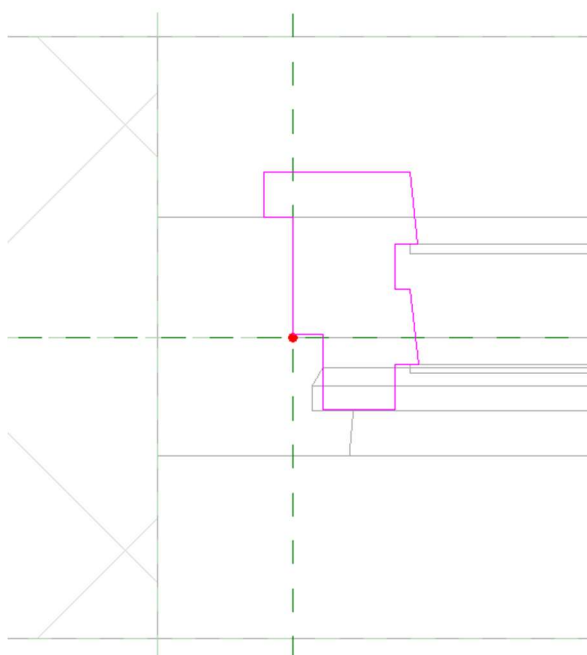
Pro umístění oken a dveří není potřeba vytvářet otvory, ty jsou již součástí jejich rodiny, která je vázaná na svého hostitele, v tomto případě se jedná o stěnu. Veškeré tyto objekty je vhodné umisťovat v půdorysném pohledu a dočasnými kótami kontrolovat správnost umístění. Výška parapetu nebo prahu je parametr, který je zadán ještě před umístěním.

Pro potřeby vizualizace byly vytvořeny balkonové dveře a okna v jejich základních tvarech podle dostupných rozměrů z dokumentace. Orientace dveří a naznačení jejich otevírání pro 2D výstupy bylo vytvořeno pomocí tzv. čáry modelu, která byla následně v 3D pohledech skryta. Vstupní dveře byly modelovány na základě pořízených fotografií, aby doplnily model jako celek, i když jejich parametry nebyly z dokumentace dohledatelné. Na obrázku 11 můžeme vidět porovnání fotografie a modelu vstupních dveří.



Obrázek 11: Vstupní dveře na fotografii a v modelu

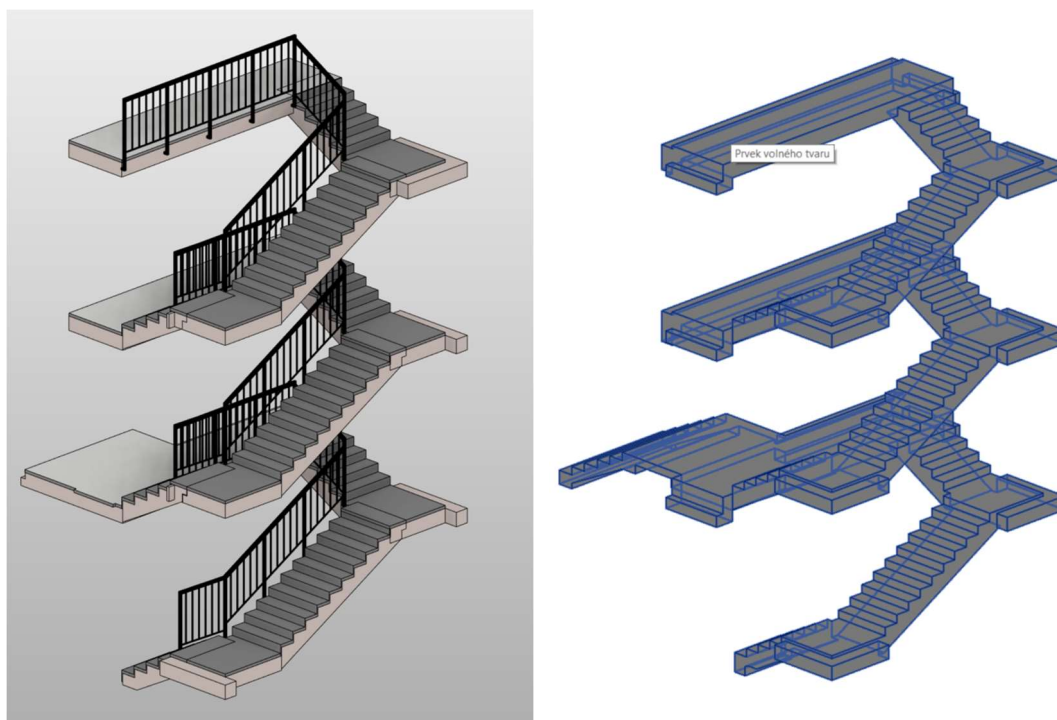
Při modelaci oken byl využit detail spojení balkonových dveří s oknem, kde je patrný profil oken. Tento profil z Obrázek 3 byl vektorizován a následně použit v nástroji tažení, k vytvoření rámu oken i rámu křídel, jak naznačuje obrázek 12. Dále bylo doplněno prosklení a přiřazení materiálů jednotlivým komponentám.



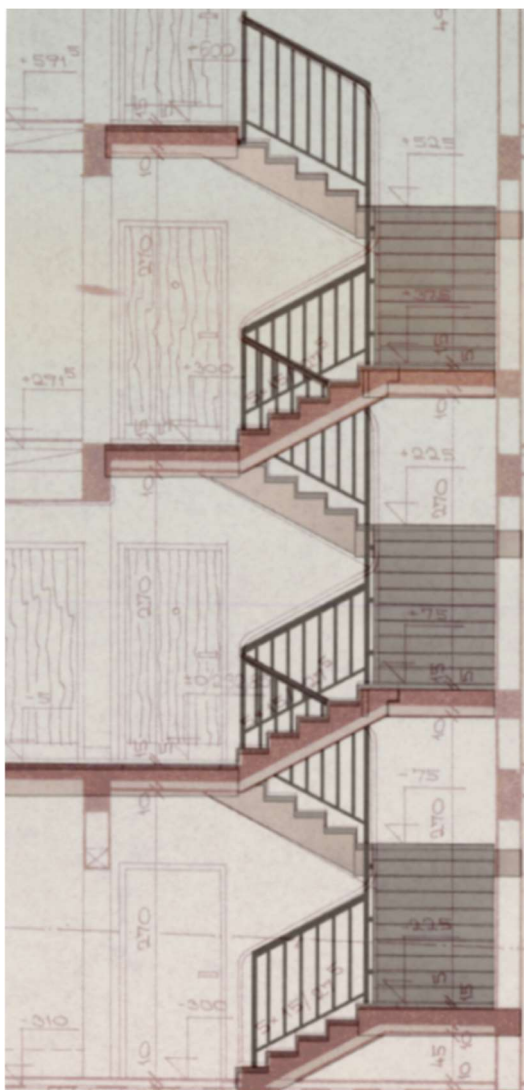
Obrázek 12: Profil tažení okenního rámu

2.3.8 Schodiště

Při tvorbě schodiště bylo vycházeno z výkresu schodišťového zábradlí a kladečských plánů stropů jednotlivých podlaží, kde bylo zaznamenáno ve sklopených řezech umístění podest ramen schodiště. Možností editace rodin schodišť je k dispozici spousta a je pro začátečníka těžké předem předpovídat, jak se bude schodiště chovat při změnách jeho parametrů. Pro co nejvyšší věrnost předloze bylo celé schodiště nejprve vymodelováno jako 3D objekt v programu Autocad, který poskytuje mnohem víc nástrojů pro tvorbu těles než editor rodin v Revitu. Takový model by mohl být naimportován do rodiny obecného modelu a po přidání několika popisných informací by se formálně i rodinou s příponou .rfa stal. V modelu by se tato rodina jako schodiště však nechovala, nebylo by například možné změnit materiál stupnic ani podest. Z těchto důvodů tento model sloužil pouze jako podklad pro modelování v Revitu a byly podle něj upravovány parametry systémových rodin schodišť, aby odpovídaly rozměrům dle dokumentace. Na obrázku 13 je znázorněn rozdíl mezi plnohodnotnou systémovou rodinou schodiště a „rodinou“ 3D tělesa vytvořeného v programu AutoCad.



Obrázek 13: Rozdílné přístupy k modelování schodiště



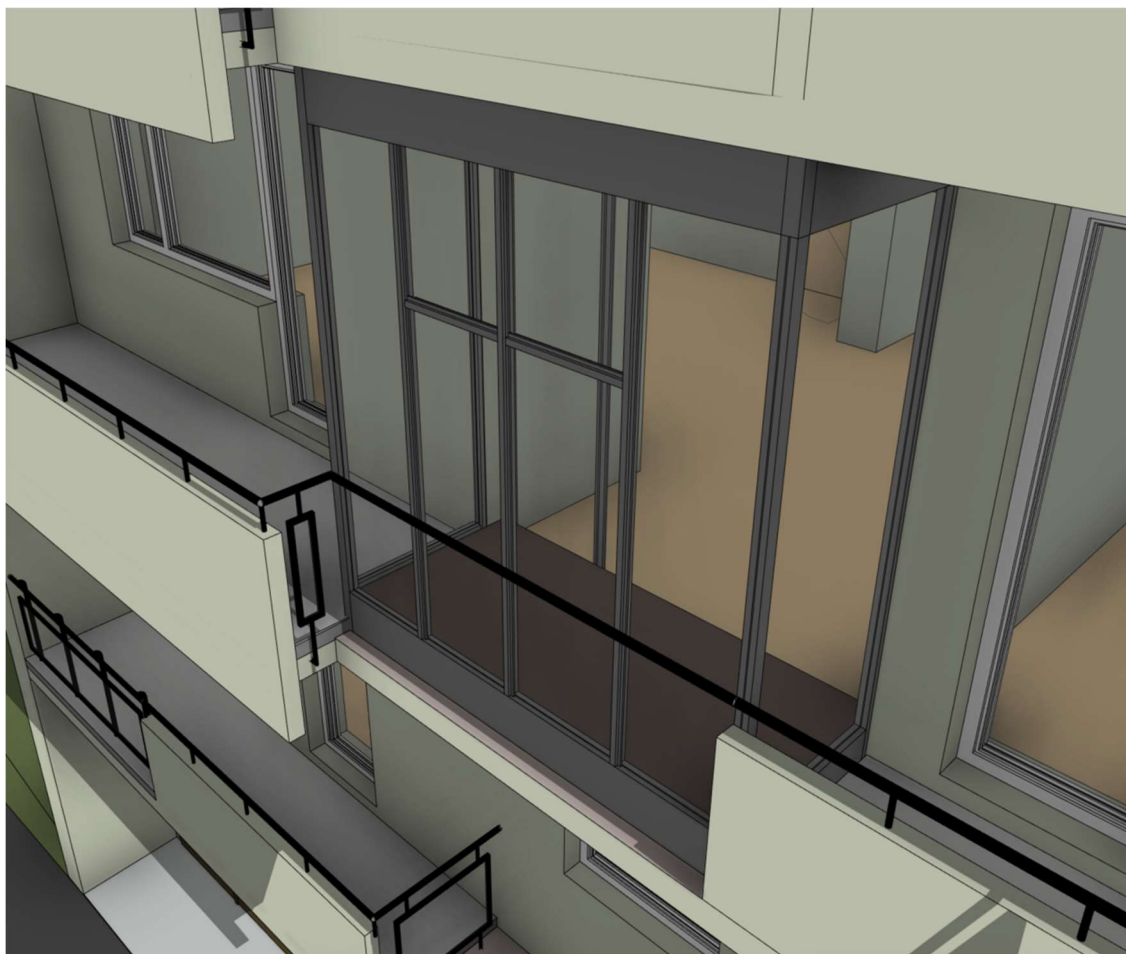
Obrázek 14 Průmět modelu schodiště do řezu

Při tvorbě ramen schodiště je možné jejich tvar a rozmístění stupňů vytvořit na základě 2D náčrtu. Schodiště tedy může mít jakýkoliv atypický tvar. Tohoto manuálního návrhu bylo využito, kdy jako 2D podklad sloužil pohled na importovaný CAD model. Úseky schodiště, které se v dalších podlažích opakovaly byly funkcí připojit podlaží automaticky rozmístěny a v modelu se seskupily do bloku. Tento proces se dá připodobnit vytváření pole v programu Autocad. Pokud je zapotřebí upravit celé schodiště, stačí ho upravit pouze v jednom výchozím podlaží. Na obrázku 14 je pro znázornění zobrazen průmět modelu hotového schodiště do řezu z původní výkresové dokumentace.

2.3.9 Lodžie

K vytvoření lodžií bylo přistupováno dvěma způsoby, první způsob vycházel z kladečských plánů, kde jsou lodžie vyobrazeny jako celistvé monolitické komponenty. Lodžie i se svými čelními stěnami byly konstruovány jako rodiny obecného modelu. Jednalo se tedy pouze o 3D těleso bez dalších technických parametrů. Tento přístup byl nahrazen modelováním ze základních komponent podlahy a stěny. Docílilo se tím funkčnosti modelu ve smyslu výkazů podlah a stěn a také lepší provázanosti komponent lodžií. Detailní prvky jako je horní oplechování či odtokový kanál nebyly v modelu vytvořeny, ale odkazuje na ně výřez z původní dokumentace ve formě rastrového obrázku, který je součástí jednotlivých instancí rodin.

Specifickým prvkem lodžii je také zimní zahrada na jihozápadní straně. Pro tvorbu takovýchto prosklených stěn a fasád je k dispozici tvorba tzv. obvodového pláště. Tvoření je stejným způsobem jako stěny, je zde však možnost navrhnout horizontální a vertikální osnovu, která nám plochu rozdělí příčlemi. Rozmístění příčlí bylo dobře patrné z původní dokumentace, jak naznačuje obrázek 15. Železné profily tvořící rám prosklení byly zjednodušenou formou vytvořeny jako rodina podle velmi detailních výkresů jednotlivých součástí. Tyto řezy jsou součástí rodiny obvodového pláště formou referenčního obrázku.



Obrázek 15: Pohled na část lodžii se zimní zahradou

2.3.10 Terén

Součástí modelu bytového domu je i vizualizace okolní zahrady obsahující zjednodušený model terénu se zobrazením vybraných dominantních stromů. Jako podklad sloužil převzatý výkres zahrady vytvořený pro účely zahradní architektury, společně se seznamem prostorových souřadnic měřených bodů. Aby bylo možné importovat body pro vytvoření povrchu terénu bylo zapotřebí nejprve projekt polohově a výškově umístit.

Umístění projektu

Jelikož model nevznikal ze zaměření skutečného stavu, byl modelován ve vlastním souřadnicovém systému s orientací odpovídající původní výkresové dokumentaci. Pro absolutní umístění modelu byly použity tzv. sdílené souřadnice, které definují zvolený souřadnicový systém zadáním souřadnic v S-JTSK bodu v projektu a úhlem stočení skutečného a projektovaného severu. Tyto parametry byly získány shodnostní transformací projektu do S-JTSK, kde jako identické body byly použity čtyři rohové body budovy. Z protokolu transformace získáme úhel otočení transformace, který je následně použit při uvážení převodu z pravotočivého na levotočivý systém Revitu jako úhel stočení vůči skutečnému severu.

Výškové umístění do systému Baltský po vyrovnaní bylo provedeno analogicky k výše zmíněnému postupu, nebylo však využito transformace, ale jen vertikálního posunu tak, aby se shodovala výšková úroveň při vjezdu do garáží. Výškovým kótám lze přiřadit jako referenční bod buď bod zaměření nebo základní bod projektu. Tím lze zjišťovat přímo z modelu výšky v Bpv i relativní výšky od zvolené nulové úrovně projektu.

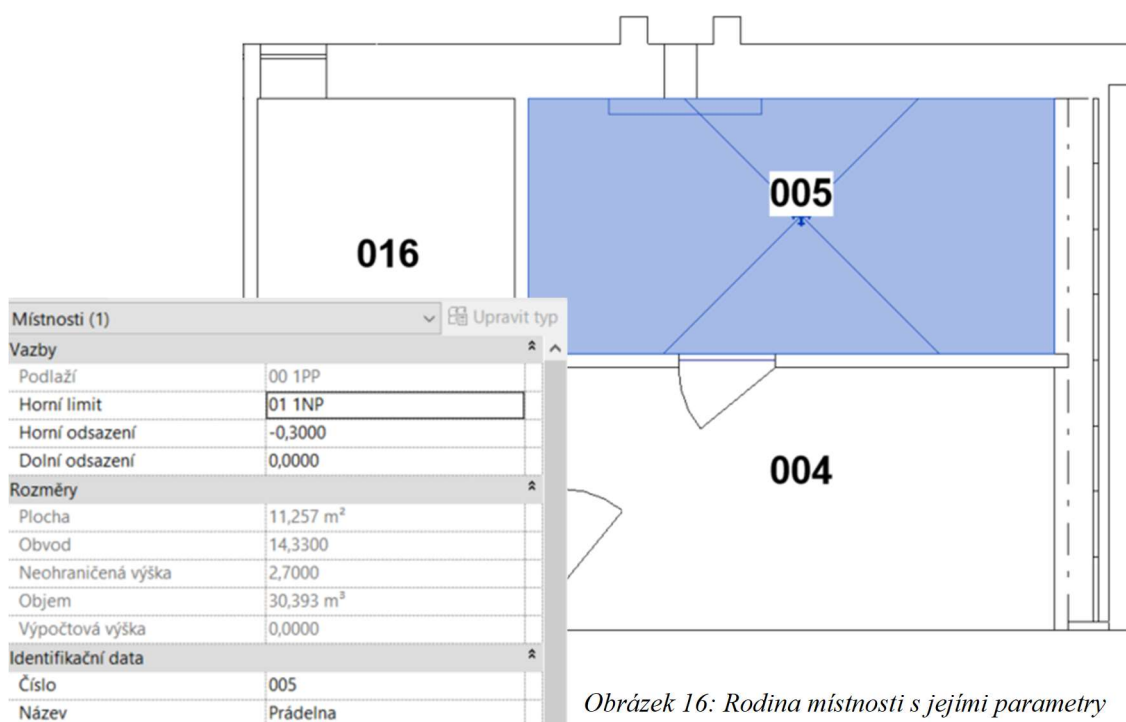
Vytvoření povrchu terénu

Pro vytvoření povrchu terénu bylo využito možnosti importu bodů z textového formátu. Z důvodu opačné orientace souřadnicových systémů bylo zapotřebí přiřazení záporného znaménka souřadnicím. Seznam souřadnic byl dále doplněn o souřadnice čtyř identických bodů, které následně sloužili k otočení a posunu importovaného povrchu. Posun a otočení importovaného povrchu je nutný z důvodu výše zmíněného přístupu k umístění projektu pomocí sdílených souřadnic. Import probíhá v souřadnicích projektu a povrch terénu byl umístěn ve značné vzdálenosti od modelu budovy. Program Revit v rámci zachování funkčnosti zobrazení modelu tento import vycentruje na rozsah dosavadního projektu a terén je potřeba napasovat na budovu ručně.

2.3.11 Místnosti

Revit umožňuje uchovávat informace o místnostech budovy, které tvoří buď stěny, kterým je ve vlastnostech přiřazen parametr „Ohraničení místnosti“ nebo tzv. oddělovače místnosti, což jsou prostorové čáry modelu uzavírající hranici místnosti tam, kde není hranice dána stěnou. Místnost jde tedy vytvořit pouze tam, kde existuje toto ohraničení, pokud oblast není uzavřena, program upozorní na nejednoznačnost definice místnosti a na možné problémy při jejím vykazování. Výšku místností lze nadefinovat číselně, nebo po úroveň podlahy/stropu, kterému lze stejně jak u stěn přiřadit parametr „Ohraničení místnosti“.

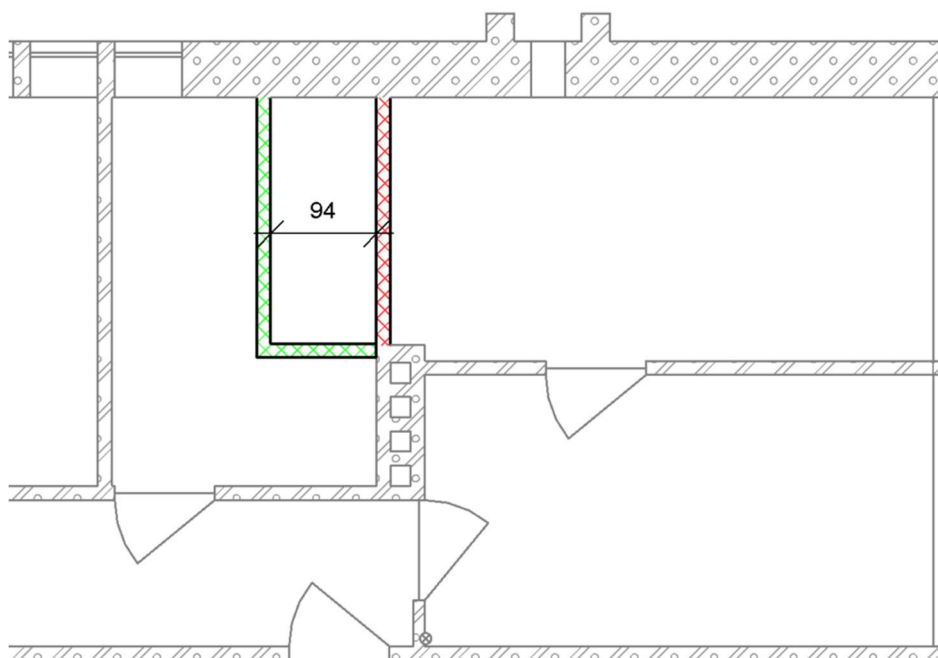
Pro funkci výkazů místností bylo zapotřebí nejprve tedy jednotlivé místnosti vytvořit. K tomu slouží systémová rodina Místnost, umísťovaná buď automaticky nebo ručně do půdorysů budovy. V tomto modelu bylo využito obojího, kdy bylo nejdříve zadáno automatické generování místností, po kterém následovala manuální revize správnosti rozmístění a přechíslování podle podlaží. V prostorách lodžii bylo zapotřebí hranice místnosti dodefinovat oddělovači, jelikož jejich obvod nebyl uzavřený. Stejný postup byl aplikován na oddělení jídelního koutu a kuchyně, kdy se technicky jedná o jednu místnost, ale pro výkazy byly tyto prostory odděleny i v původní dokumentaci. Výška místností byla hromadně stanovena na 2,7 m a vychází tak z původní dokumentace. Na obrázku 16 je příklad zobrazení místností v půdorysu s jejich vlastnostmi, které mohou vstupovat do různých výkazů nebo analytických funkcí.



Obrázek 16: Rodina místnosti s jejími parametry

2.3.12 Fáze vytvoření

Během prohlídky budovy byly zjištěny nesoulady skutečného provedení stavby vůči dokumentaci. Nejednalo se o rozdíly v rámci přesnosti provedení stavby, ale očividných změn tvarů místností a konstrukcí. Revit umožňuje přiřadit každému prvku jeho fázi vytvoření a demolice, toho bylo využito pro zaznamenání těchto změn formou další fáze vytvoření, kdy původním projektovaným prvkům, které byly dotčeny změnou, byla přiřazena fáze demolice. Pro aktuální pohledy můžeme nastavit filtr zobrazení fáze skutečného provedení nebo projektované fáze, popřípadě obě fáze propojit a zvýraznit změněné prvky, jak je znázorněno v případě prádelny v 1.P.P, kde byly zjištěny rozdíly oproti projektové dokumentaci (obrázek 17). Šedě šrafované prvky jsou již existující, zeleně šrafovaná stěna je skutečně provedená a červeně šrafovaná byla původně navrhnutá v projektu.



Obrázek 17: Automatické filtrování fází projektu

Do budoucna je možné tímto způsobem zaznamenávat změny při rekonstrukcích a zároveň udržovat i předchozí stavy dokumentace. Tento mechanismus reprezentuje jednu z hlavních myšlenek BIM, a to dokumentovat budovu po celou dobu její životnosti.

3. VÝSTUPY A VYUŽITÍ PŘEPRACOVANÉHO MODELU

Jak již bylo zmíněno BIM není pouze 3D model budovy. Důležitou funkcí je také využití obsažených informací pro efektivnější realizaci, a v tomto případě hlavně správu budovy.

3.1 Vyhotovení pasportizační výkresové dokumentace

Možnost generování jakéhokoliv množství výkresů z modelu bývá často uváděno jako jedna z velkých výhod BIM přístupu. Programové prostředí Revit, které bylo použito jako nástroj pro tvorbu modelu v této práci má však jako každý software své limity, kdy je nutné, aby uživatel vstupoval do procesu a dotvářel obecný výstup programu potřebám svým nebo potřebám, které jsou dány příslušnými normami a vyhláškami.

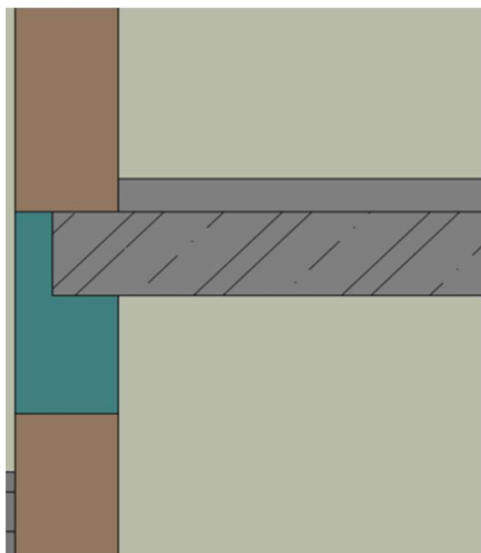
Při vyhotovení zjednodušené dokumentace obsahující půdorysy jednotlivých poschodí a dva na sebe kolmé řezy bylo zapotřebí upravit obsah generovaný programem tak, aby obsahoval základní náležitosti výkresu a zároveň nebyl vizuálně zahlcen zbytečnými detaily. Výsledné výkresy jsou k dispozici jako přílohy této práce.

3.1.1 Výkres

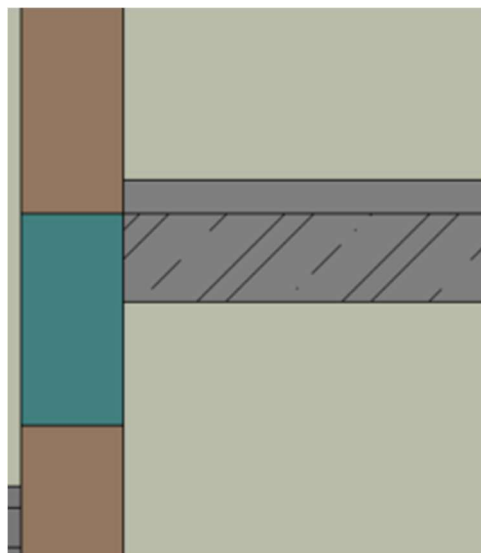
Veškeré pracovní půdorysy a pohledy ve kterých je model vytvářen je možné za pomoci funkce Výkres zobrazit do výkresové části, kde je možné nadefinovat okraje tisku podle formátů a umístit zde např. rohová razítka apod. Při aktivaci vloženého pohledu je možné i ve výkresu upravovat model, pro posouvání pohledu je však lepší ho deaktivovat a předejít tak tím posunutí entit v modelu.

Přízpůsobení vygenerovaného obsahu spočívalo v dokreslení průběhu hran nad rovinou řezu, kdy Revit sice umožňuje do půdorysu zobrazit jako podklad půdorys jiných podlaží, a tím zobrazit hrany nad rovinou řezu, nicméně ho nelze pro potřeby daného pohledu upravovat tak, aby se tím nezměnil i model. Proto je nutné takto zobrazený podklad některého z půdorysů nad aktuální úroveň překreslit tzv. čarou detailu, kterou je možné k podkladu přimknout a následně se při změnách bude posouvat s hranou. Tento přístup se částečně odchyluje od metodiky BIM tím, že je nutné jednu část modelu kreslit dvakrát.

Dále bylo upraveno tzv. pořadí spojů svislých a vodorovných konstrukcí. Nástroj spoj umožňuje vizuální spojení dvou entit, které byly vytvořeny zvlášť, ale fyzicky na sebe navazují. Například při styku stropu se stěnou je možné tyto konstrukce připojit dvěma způsoby. Obrázky 18 a 19 zobrazují stejný model s rozdílným pořadím spojů věnce (zelenomodrá) se stropem (šedá).



Obrázek 18: Spoj konstrukcí, varianta 1.



Obrázek 19: Spoj konstrukcí, varianta 2.

3.1.2 Kótování

Ke kótování bylo přistupováno tak, aby byly zjistitelné rozměry místností a vnějšího pláště budovy. Pro úsporu místa při zachování čitelnosti v měřítku 1:100 bylo zvoleno kótování v centimetrech, které bylo použito i v původní výkresové dokumentaci. Každý dílčí výkres bylo potřeba manuálně okótovat a při překryvu kót posunout podél kótovací čáry. Při kótování oken bylo nutné pod kótovací čáru dopisovat výšku poprsníku a otvoru. Veškeré ručně nedopsané kóty jsou vázány na entity modelu a jinak, než na jejich hrany je nelze umístit. To umožňuje jejich automatické přepsání při změně rozměrů či umístění stěn a opačně, pokud je přepsána kóta odkazující na stěnu, ta se podle nové hodnoty posune i v modelu.

3.2 Podpora správy vlastnictví a údržby

3.2.1 Poskytnutí 3D modelu uživatelům budovy

Vytvořené místnosti jako samostatné entity mohou formou jejich popisných štítků obsahovat kromě geometrických údajů i další popisné informace jako je například příslušnost k bytové jednotce nebo údaje o vlastnictví. Při výkazech lze místnosti v tabulce roztrždit podle vlastníků a určit tak, kdo jaký má v budově podíl užitné plochy a jakým dílem se může například podílet na různých opravách nebo úklidu.

Jedním z hlavních funkčních výstupů modelu je 3D PDF se strukturou vycházející kategorií konstrukcí a vlastnictví jednotlivých bytových jednotek. Tato forma výstupu

byla zvolena z důvodu velmi snadného sdílení a dostupnosti i pro laické uživatele – vlastníky. Pro vytvoření takovéto prezentace modelu byl využit software SimLab Composer 10, formou exportního modulu zakomponovaného jako doplněk pro Revit. Po exportu modelu získáváme jeho věrnou kopii ve formátu .sim, který již nefunguje jako plnohodnotný model vytvořený v původním programu, ale přetransformuje se ve skupiny 3D těles. Tyto 3D tělesa si zachovávají informace v podobě atributové tabulky, jedná se však jen o textové zastoupení parametrů a jejich hodnot a neumožňuje vytváření dalších analytických funkcí, do kterých by dané parametry vstupovaly. U 3D tělesa okna máme například uvedené jeho rozměry, ale nemůžeme definovat nový parametr plocha, který by byl vypočítán z rozměrů. Jakékoliv další parametry je nutno zadávat ručně objekt po objektu, což je velice neefektivní. SimLab Composer umožňuje spouštění vlastních JavaScriptů, které by mohly vyřešit tuto automatizaci zadávání, nicméně tato práce není na tuto problematiku zaměřena, a tak bylo pro reprezentativní vzorek zadáno několik parametrů ručně.

Jedná se o výměru bytových jednotek s přiřazenými garážemi, jaké procento tvoří v celém objektu, jaký podíl mají vlastníci na společných prostorách, přepočet vlastnického podílu na m² přilehlé zahrady, identifikační údaje vlastníka a čísla jednotky dle KN. V modelu je po označení nadřazené položky navíc vidět poloha bytu, sklepního boxu, popřípadě garáže konkrétního vlastníka. Při exportu modelu do 3D PDF je možné přednastavit ovládání pohledů na model a styl jeho zobrazení. Výhodou je také 3D měření vzdáleností a poznámkování přímo v Adobe Acrobat Reader. Tento formát bohužel nepodporuje zápis do atributové tabulky 3D modelu a proto slouží pouze k prohlížení. Jakékoliv úpravy je nutné udělat v SimLab Composeru. Na obrázku 20 je ukázka zvýrazněných místností podle určeného vlastníka ve výstupu 3D PDF.



Obrázek 20: Výřez z prohlížeče pdf – informace o vlastnicích

3.2.1 Výkaz plochy pro zateplení

Díky vymodelování omítek vnějších stěn jako samostatných komponent bylo možné použít jejich parametry ve výkazu plochy pro zateplení budovy. Tyto vrstvy byly modelovány v tloušťce 1 cm, a tak nedochází v takové míře ke zkreslení vlivem nezapočítání tloušťky stěny do její plochy. V atributu „Komentář“ těchto omítek byla zadána hodnota „Obvodový Plášť“, podle kterého se ve výkazech následně filtrovaly tyto omítky. Ve vlastnostech formátování výkazů byla zvolena možnost automatických součtů ploch, a tak byla získána celková plocha potřebná pro účely provedení tepelné izolace. Tabulka 5 je výkazem těchto ploch přímo z prostředí Revit. Filtrované plochy jsou pak tmavě zvýrazněny na obrázku 21.

A	B	C
Typ	Plocha	Komentáře
vnější omítka	167,67 m ²	Obvodový plášť
vnější omítka	173,93 m ²	Obvodový plášť
vnější omítka	103,47 m ²	Obvodový plášť
vnější omítka	136,36 m ²	Obvodový plášť
vnější omítka	581,43 m ²	

Tabulka 5: Výkaz ploch vnějších stěn

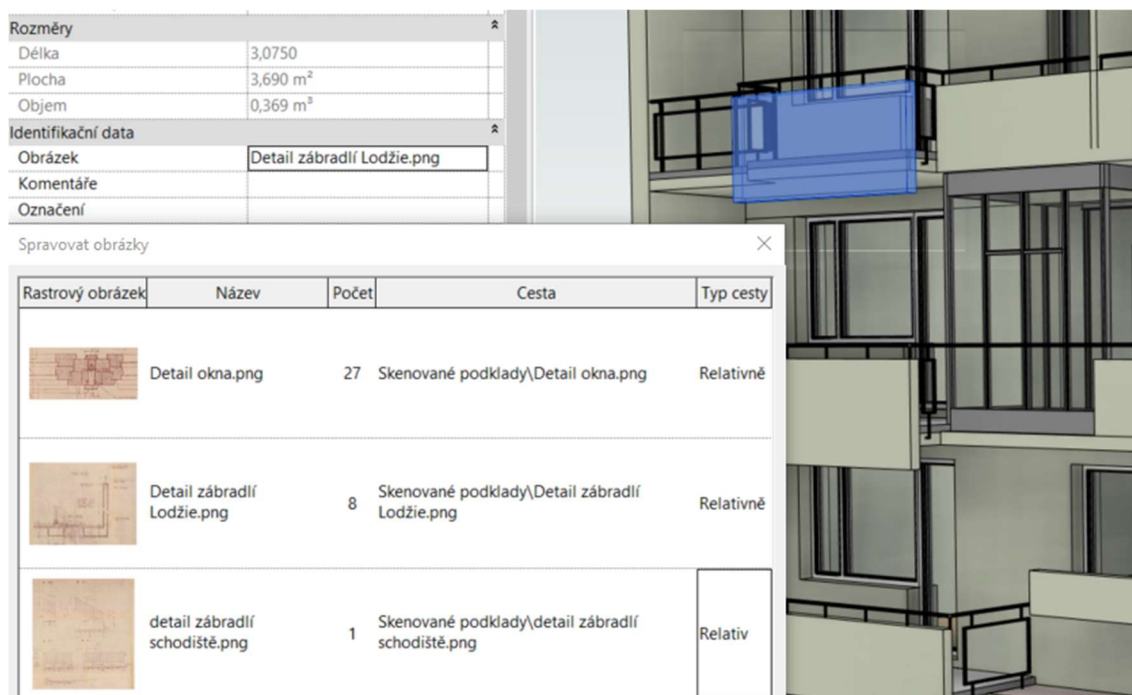


Obrázek 21: Zvýrazněné stěny pro zateplení

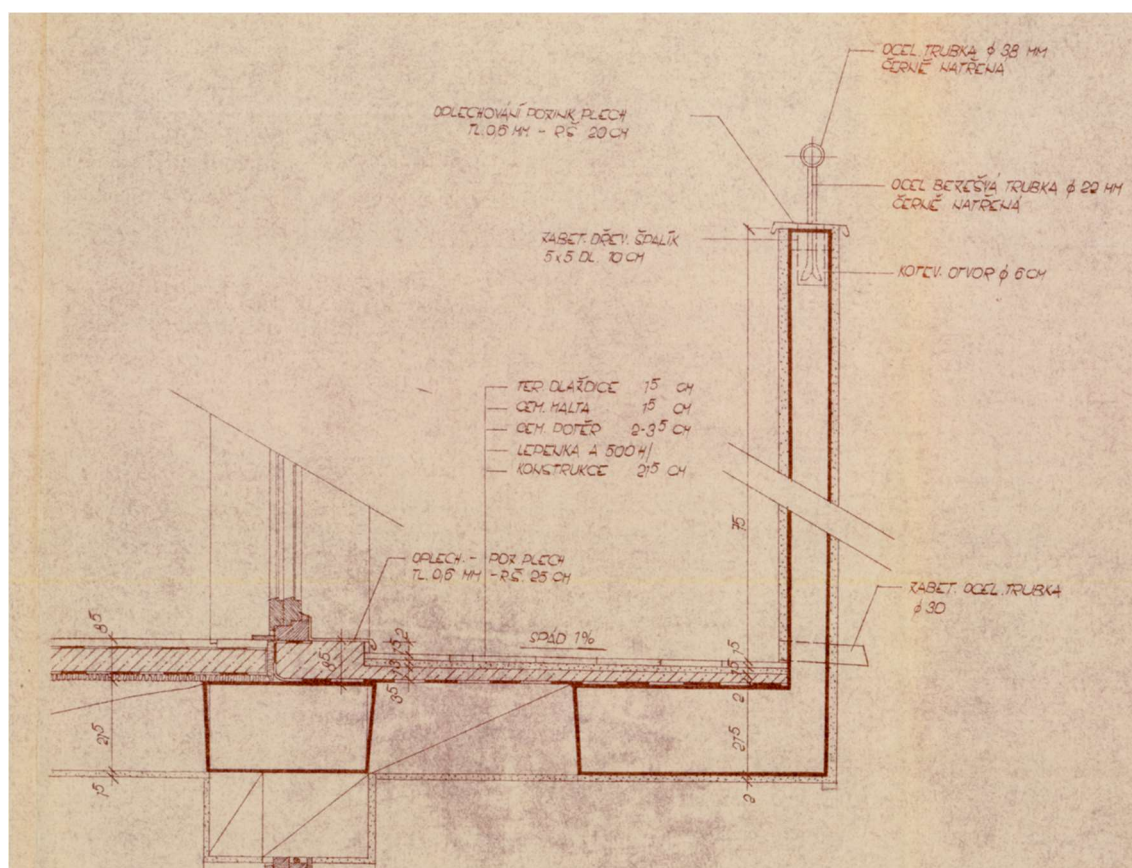
3.3 Návaznost na původní výkresovou dokumentaci

Míra geometrické i informační věrnosti, která byla před začátkem modelování zvolena vystihuje základní tvar a rozměr jednotlivých objektů. Jejich detailnější uspořádání a skryté konstrukce, jako např. použité profily oken, způsob uchycení zábradlí, nebo konkrétní skladbu podlah není pro zvolené účely nutné zohledňovat v modelu přímo, ale jako reference na části původní projektové dokumentace.

Při zachování modelu ve výchozím formátu Revitu je k dispozici jako možný atribut elementů i obrázek, který lze prohlížet ve správci obrázků ve formě tabulky. Takto byla vytvořena tabulka obrázků s výřezy z původní dokumentace, které se týkaly konkrétních detailů. Jednotlivým entitám byl přiřazen obrázek z tabulky. Těchto referencí využito například u oken, plechování lodžii, světlíku a schodišťového zábradlí. Propojení s výkresovou dokumentací je znázorněno na obrázcích 22 a 23. Vybraný prvek obsahuje parametr obrázků, který je v přehledné tabulce obrázků s uvedením počtu přiřazených prvků a absolutní/relativní cesty k obrázkům.



Obrázek 22: Propojení s původní dokumentací pomocí rastrových výřezů dokumentace



Obrázek 23: Výřez původní dokumentace odkazující na detail provedení lodžie

3.4 Měření a verifikace modelu

Pro ověření shody modelu a skutečné budovy bylo provedeno kontrolní měření rozměrů jednotlivých místností ve společných prostorách. Měřena byla laserovým dálkoměrem šířka a délka místnosti vždy pouze v jednom bodě. Dále byly v prostorách schodiště měřeny výšky podest a stropů určených podlaží.

Měřené a základní hodnoty uvedené v projektové dokumentaci byly porovnány v tabulce 6. Složkami rozdílu hodnot jsou přesnost měření, přesnost výstavby jednotlivých stěn a omítnutí, které v základních rozměrech není uvažováno. V tabulce je dále barevně rozlišeno, jak se měřený rozměr místnosti shoduje s projektovou dokumentací s uvažováním doporučené tloušťky omítnutí dle ČSN EN 13914-2 Navrhování, příprava a provádění vnějších a vnitřních omítek – Část 2: Vnitřní omítky. Měřené rozměry jsou vyznačeny v příloze č. 1.1 a 1.2

vodorovný rozměr	projektovaný [m]	měřený [m]	rozdíl [m]	svislý rozměr	projektovaný [m]	měřený [m]	rozdíl [m]
A	14,65	14,85	-0,20	L	2,70	2,63	0,07
B	4,88	4,85	0,03	M	11,70	11,64	0,06
C	4,88	4,82	0,06	N	0,45	0,55	-0,10
D	5,00	4,94	0,06	O	1,95	2,05	-0,10
E	4,52	4,55	-0,03	P	2,70	2,72	-0,02
F	2,41	2,37	0,04	Q	2,70	2,73	-0,03
G	4,90	4,78	0,12	R	2,70	2,77	-0,07
H	1,30	1,28	0,02	S	2,13	2,09	0,04
I	3,45	3,43	0,02	T	3,30	3,55	-0,25
J	2,34	2,33	0,01	U	1,90	1,86	0,04
K	1,30	1,26	0,04	V	0,90	0,90	0,00
Střední chyba rozměrů místnosti = 0,08 m				Střední chyba rozměrů místností = 0,09 m			

Tabulka 6: Porovnání měřených a projektovaných rozměrů

červená – hodnota měřená je větší než projektovaná, nelze uvažovat vliv omítek

modrá – rozdíl překračuje v součtu doporučenou průměrnou tloušťku omítek 1 cm

Výsledná směrodatná odchylka je pouze orientační a nemá vypovídací schopnost o celém objektu, jelikož měření proběhlo jen ve společných prostorách 1. P.P. Dále také nezohledňuje absolutní tvarovou věrnost modelu, ale pouze relativní rozdíl rozměrů vybraných místností.

4. ZHODNOCENÍ EFEKTIVITY PŘEPRACOVÁNÍ

K vytváření informačního modelu v programovém prostředí Revit existuje mnoho přístupů od pohledu na celkový informační obsah modelu po řešení jednotlivých detailů, kdy existuje dva i více způsobů řešení v rámci jednoho softwaru. Samotné vymodelování geometrie je ovlivněno rozsahem a podrobností původní dokumentace. V průběhu modelování byly z důvodu náročné orientace ve výkresech postupně zjišťovány nové a nové souvislosti, které proces modelování mnohdy vraceli o několik kroků zpět a vedli k přehodnocení použitých postupů. K efektivnímu modelování je tedy výhodné věnovat dostatečný čas k nastudování původní výkresové dokumentace. K úspoře času přispívá umění rychlé orientace ve stavební dokumentaci a prostorová představivost. Výhodou je bezesporu i praxe ve stavebnictví a znalost alespoň základních stavebních postupů.

Seznámení se se základními dispozicemi budovy podle výkresové dokumentace bez reálné rekognoskace proběhlo před začátkem modelování v rozsahu několika hodin. V rámci toho byl proveden rozbor, jaké stěny modelovat jako celek, jaké úrovně dosahují, kde a v jaké výšce je věnec pro uložení stropních panelů a další.

Hrubý model bez stavebních výplní a nenosných stěn byl vytvořen během několika málo dní. Výhodou BIM modelování je, že pokud je napoprvé něco vymodelováno nesprávně, oprava takové entity většinou nezasáhne do celkové funkčnosti modelu. Proto například doplnění vertikální struktury o věnce bylo provedeno až pro vymodelování základních stěn. Tyto mechanismy velice urychlují celé modelování.

Nejzásadnější a také nejvíc časově náročná byla tvorba tzv. rodin. Existuje spousta webových portálů s již hotovými rodinami, nicméně se ukázalo že postavit se na nich model prostě nedá. Každý tvůrce přistupuje k modelování rodin jiným způsobem a napojení se na něčí myšlenku při editaci existujících rodin je většinou časově náročnější než alespoň základní rodinu vytvořit sám. Rodiny vytvořené v tomto modelu obsahují základní identifikační údaje vycházející z dostupných informací z projektové dokumentace. Vyplňování dalších jejich negrafických atributů by práci směřovalo na neustálé dopisování hodnot do tabulek, což nebylo cílem této práce. V praxi je takový sběr dat pro koncového zákazníka i nákladný. Z tohoto důvodu bylo také zachováno propojení s původní dokumentací, do které uživatel vstoupí jen ojediněle a nevyplatilo by se mu investovat do jejího detailního přepracování.

Kombinace zaměření skutečného stavu, dokumentace skrytých konstrukcí z původní dokumentace a možnost dílčích odkazů na původní dokumentaci je podle mého názoru nejvíce efektivní.

5. VIZUALIZACE EXTERIÉRU BYTOVÉHO DOMU

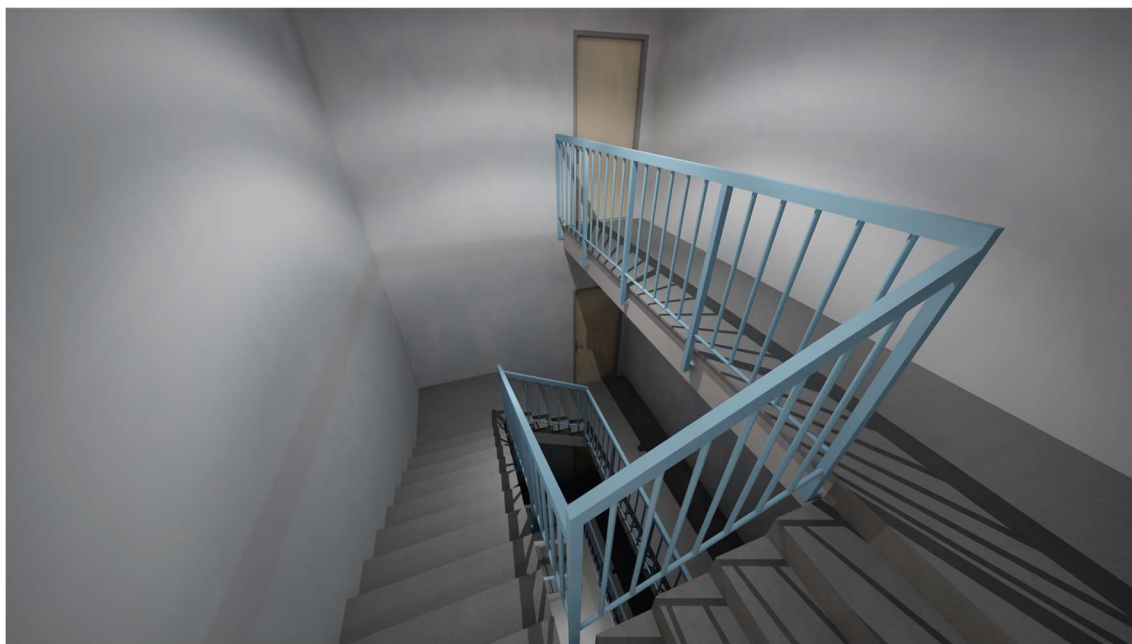
Pro vizualizaci modelu bylo využito exportního modulu do softwaru SymLab Compser, kde proběhlo renderování modelu a simulace denního osvětlení. Dále byl model v obecném grafickém editoru doplněn o pozadí a oblohu. Tato vizualizace nemá za cíl zobrazit reálné umístění budovy, jedná se o náhodně zvolené prostranství.



Obrázek 24: Pohled na jihozápadní stranu budovy



Obrázek 25: Pohled na lodžii v 2.N.P.



Obrázek 26: Pohled na schodiště



Obrázek 27: Severní pohled

6. ZÁVĚR

V celkovém shrnutí je nutné podotknout že problematika BIM a jeho tvorba v softwaru Revit není zatím příliš sjednocena. Vytvořený model je ukázkou jednoho z přístupů, kdy byl vypracován určitý základ pro doplňování dalších dat do informační části modelu, a tím zvyšovat jeho užitečnost a reálnou použitelnost při správě budovy.

Pokud se podaří aplikovat BIM na nové projekty nejen veřejných zakázek, bylo by dobré prezentovat jeho význam u stávajících budov. U nových staveb plní BIM jasný účel, koordinace procesů, řešení kolizí v projekční fázi a posouvání rovnováhy nákladů na změnu a schopnosti změnu provést. U stávajících budov se jedná, více než o model, spíše o databázi, a to podle mého názoru není dostatečně zdůrazněno. V tomto případě podle mě platí že vzhled prodává. O „model budovy“ bude podle mého názoru větší zájem než o „databázi budovy“, i když při ušetření nákladů na správu a provoz budovy bude jistě dobře sloužit i obyčejná databáze. Zákazník poté investuje prostředky do samotného vymodelování, místo do sběru potřebných dat.

V této práci je proto zmíněno i využití takového modelu a jakým způsobem může sloužit zainteresovaným stranám, a to odborným i laickým. Prezenci obsahu modelu je dle mého názoru potřeba ještě věnovat určitý čas. Hlavním důvodem je, že BIM se dostal z teoretické roviny do praktické teprve nedávno je potřeba jeho zakořenění v praxi podobně jako při přechodu z papírových výkresů na počítačem podporované kreslení.

Tato práce byla velice přínosná v pochopení problematiky, nicméně je potřeba sledovat postupný vývoj, který se rychle mění. To lze pozorovat například i na každoročním vydávání nových verzí Autodesk Revit, kdy je pokaždé přidáváno několik nových funkcí nebo změn v přístupech, které jsou z větší části z podnětu uživatelské komunity. I tento model by byl v detailech jiný, kdyby jeho tvorba probíhala o rok později.

Jak lze specifikovat BIM, pokud existuje mnoho přístupů a platforem? Nelze jen jednoduše nadefinovat hladiny, barvy a tloušťky čar jako v CAD. Touto problematikou je třeba se do budoucna ještě zabývat.

BIBLIOGRAFIE

- [1] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. *Koncepce zavádění metody BIM v České republice* [online]. , 5 [cit. 2021-05-22]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/stavebnictvi-a-suroviny/bim/2017/10/Koncepce-zavadeni-metody-BIM-v-CR.pdf>
- [2] ZAVÁDĚNÍ BIM V ČR. In: *Centrum pro podporu počítačové grafiky v ČR* [online]. [cit. 2021-05-27]. Dostupné z: <https://www.cegra.cz/bim/zavadeni-bim-v-cr/>
- [3] Seriál BIM: Projektování, výstavba, správa 1. díl. *ERA21* [online]. 2018, **2018**(3) [cit. 2021-05-23]. Dostupné z: <https://www.earch.cz/cs/stavitelstvi/serial-bim-projektovani-vystavba-sprava-1-dil>
- [4] MINKA, Tomáš. *Zadání podrobnosti BIM modelu* [online]. In: . [cit. 2021-05-23]. Dostupné z: <https://www.bim-point.com/zadani-podrobnosti-bim-modelu>
- [5] *Building Information Model (BIM) Protocol*. In: . London: Construction Industry Council, 2013, 1. vydání.
- [6] ŠPALEK, Michal. Co znamená pojem LOD v BIM?. *TZB-info* [online]. 2020, , 1 [cit. 2021-05-17]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/bim-informacni-model-budovy/20352-co-znamen-a-pojem-lod-v-bim>
- [7] BEDRICK, Jim, Will IKERD a Jan REINHARDT. *LEVEL OF DEVELOPMENT (LOD) SPECIFICATION: PART I & COMMENTARY*. 2020. © BIMForum.
- [8] ŠMEJKAL, David. *Mýty o BIM: Co je a co není IFC?: Industry Foundation Classes - chápeme je správně?* [online]. 2017, , 1 [cit. 2021-05-11]. Dostupné z: <https://www.bimfo.cz/Aktuality/Myty-o-BIM-Co-je-a-co-neni-IFC.aspx>
- [9] ŠMEJKAL, Daniel. *Co je COBie?: Pojmy ze světa BIM: význam zkratky COBie* [online]. In: . [cit. 2021-05-27]. Dostupné z: <https://www.bimfo.cz/Aktuality/Co-je-COBie.aspx>
- [10] HAMIL, Stephan. What is COBie?. In: *NBS* [online]. 2018 [cit. 2021-05-20]. Dostupné z: <https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-cobie>
- [11] SLEZIAK, Tomáš a Martin VELAS. Zkušenosti s pořizováním a vyhodnocením dat 3D dokumentace stavebních objektů. *Článek ve sborníku ze semináře Geodézie ve stavebnictví a průmyslu 2020*. Český svaz geodetů a kartografů, 2020, s. 70-74.
- [12] *CAD Club: Portál uživatelů softwarů Autodesk* [online]. 2021. Dostupné také z: <https://www.cadclub.cz>

- [13] OKLEŠTĚK, Filip. *Skryvání omítek v Revitu* [online]. 2019, , 1 [cit. 2021-05-11]. Dostupné z: <https://cadbim.cz/skryvani-omitek-v-revitu/>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

BIM – Building information modeling (informační modelování stavby)

IFC – Industry Foundation Classes – mezinárodní standardizovaný formát BIM

COBie – Construction Operations Building Information Exchange – datová struktura IFC

CAD – Computer Aided Design – počítačem podporované navrhování

BEP – BIM Execution Plan – plán realizace BIM

LOG – Level of Geometry – geometrická podrobnost modelu

LOI – Level of Information – informační podrobnost BIM

LOD – Level of Development/Design – podrobnost modelu v kontextu fáze/geometrie

CIC – Construction Industry Council – britská Rada pro stavební průmysl

AIA – Americký institut architektů

ČSN – Česká státní norma

EN – Evropská norma

ISO – International Organization for Standardization – Mezinárodní organizace pro normalizaci

S-JTSK – systém jednotné trigonometrické sítě katastrální

Bpv – výškový systém Baltský po vyrovnání

P.P. – podzemní podlaží

N.P. – nadzemní podlaží

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: COBie tabulka [8]	17
Obrázek 2: Kresby ve výkresu	21
Obrázek 3: Detail spojení okna	21
Obrázek 4: Nesoulady v kótování	22
Obrázek 5: Prohlížeč projektu	23
Obrázek 6: Vlevo výška 2.NP 3,000 m, vpravo 3,500 m	24
Obrázek 7: Porovnání skladby podlah	25
Obrázek 8: Zábradlí lodžie	26
Obrázek 9: Vertikální skladba stěn	27
Obrázek 10: Výřez kladečského plánu	29
Obrázek 11: Vstupní dveře na fotografii a v modelu	30
Obrázek 12: Profil tažení okenního rámu	30
Obrázek 13: Rozdílné přístupy k modelování schodiště	31
Obrázek 14 Průmět modelu schodiště do řezu	32
Obrázek 15: Pohled na část lodžii se zimní zahradou	33
Obrázek 16: Rodina místnosti s jejími parametry	35
Obrázek 17: Automatické filtrování fází projektu	36
Obrázek 18: Spoj konstrukcí, varianta 1.	38
Obrázek 19: Spoj konstrukcí, varianta 2.	38
Obrázek 20: Výřez z prohlížeče pdf – informace o vlastnících	40
Obrázek 21: Zvýrazněné stěny pro zateplení	41
Obrázek 22: Propojení s původní dokumentací pomocí rastrových výřezů dokumentace	42
Obrázek 23: Výřez původní dokumentace odkazující na detail provedení lodžie	42
Obrázek 24: Pohled na jihozápadní stranu budovy	45
Obrázek 25: Pohled na lodžii v 2.N.P.	45
Obrázek 26: Pohled na schodiště	46
Obrázek 27: Severní pohled	46

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Část specifikace obsahu předávek modelu [4]	13
Tabulka 2: Porovnání amerického a anglického LOD	15
Tabulka 3: Rozsah výkresů původní dokumentace.....	20
Tabulka 4: Detailnost dílčích částí modelu.....	23
Tabulka 5: Výkaz ploch vnějších stěn	40
Tabulka 6: Porovnání měřených a projektovaných rozměrů	43

SEZNAM PŘÍLOH

1. Kontrolní měření
 - 1.1 – Schéma kontrolního měření – vertikální složka (.pdf)
 - 1.2 – Schéma kontrolního měření – horizontální složka (.pdf)
2. Zjednodušená výkresová dokumentace
 - 2.1 – Výkres 2xA4 - Půdorys 1.P.P. (.pdf)
 - 2.2 – Výkres 2xA4 - Půdorys 1.N.P. (.pdf)
 - 2.3 – Výkres 2xA4 - Půdorys 2.N.P. (.pdf)
 - 2.4 – Výkres 2xA4 - Půdorys 3.N.P. (.pdf)
 - 2.5 – Výkres 2xA4 – Řez A (.pdf)
 - 2.6 – Výkres 2xA4 – Řez B (.pdf)
3. Export z modelu
 - 3.1 Model bytového domu (.pdf)*

Pozn. * označuje přílohy pouze v elektronické podobě, které jsou součástí přiloženého flash disku.